



**Paulo André Caetano Moraes de Oliveira**

Licenciado em Ciências de Engenharia Civil

## **Metodologias para o planeamento urbano solar**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Miguel José das Neves Pires Amado,  
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade Nova de Lisboa

Juri:

Presidente: Prof<sup>a</sup>. Doutora Maria Teresa Santana  
Arguente: Prof. Doutor Daniel Aelenei  
Vogal: Prof. Doutor Miguel José das Neves Pires Amado



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Novembro de 2014**



“Copyright” Paulo André Caetano Morais de Oliveira, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **Agradecimentos**

Em nome pessoal e académico, gostaria de agradecer ao Professor Doutor Miguel Pires Amado pela orientação, disponibilidade e partilha de conhecimentos ao longo da elaboração da presente dissertação de Mestrado.

Os meus sinceros agradecimentos à minha família pela paciência, compreensão, dedicação, incentivação, amor e apoio incondicional durante a realização da presente dissertação, durante o meu percurso académico e durante toda a minha vida.

Os meus agradecimentos estendem-se também por todos os meus amigos e colegas mais próximos, pela companhia, apoio e amizade ao longo de todo este percurso, nomeadamente ao Gonçalo Rocha, David Chaves e Manuel Rodrigues.

Ainda, o meu reconhecimento a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a concretização deste trabalho.

Aos meus pais, por tudo.



## **Resumo**

A cada vez maior escassez dos recursos e as consequências dos fenómenos das alterações do clima levam a um debate mundial acerca do atual paradigma da emergência da utilização de fontes de energia renováveis em substituição das atuais fontes não renováveis. Quando a este problema se associa uma cada vez maior pressão demográfica e um acentuado desenvolvimento das áreas urbanas, sobrecarregando ainda mais o sistema de suporte natural, torna-se evidente a necessidade de alterar os pressupostos deste paradigma.

De modo a contribuir com uma resposta ao atual cenário energético, o presente estudo foca-se na construção de uma metodologia que permita estabelecer um conjunto de condições favoráveis à integração de uma energia limpa e renovável no processo de planeamento urbano sustentável. Uma vez que o Sol representa a maior fonte de energia disponível no planeta e uma das que mais facilmente se integra no contexto urbano, é fácil compreender a sua escolha para o papel principal no planeamento urbano. Para que tal se suceda, torna-se necessário recorrer ao estudo e análise do conhecimento na área científica de modo a possibilitar a construção de uma base sustentável para a correta implantação desta fonte de energia nos atuais sistemas urbanos.

A integração da energia solar no novo modelo de ocupação urbana, mais compacto e multifuncional, requer que a sua implementação se realize de modo diferenciado, nomeadamente através do recurso a parâmetros físico-espaciais considerados relevantes, no processo operativo de planeamento urbano sustentável. A introdução destes parâmetros no planeamento possibilita a afirmação de modelos de ocupação conhecedores da necessidade de alterar o ciclo de vida da energia, nomeadamente na fase de consumo e de produção da mesma no contexto urbano.

Deste modo, a integração numa proposta de modelo dos parâmetros tem como principal objetivo o aumento da eficiência energética durante as fases de conceção e utilização e ainda, o tornar efetivo o potencial da solução de produção de energia em ambiente urbano. Decorrente desta problemática foi desenvolvido um estudo prático de aplicação da metodologia proposta através de um caso em Portugal, de modo a que se pudesse aferir e concluir sobre a aplicabilidade prática do modelo teórico proposto.

Em síntese, através do objetivo do tema, foi possível construir-se uma ferramenta que permite a concretização das metas definidas nos objetivos do milénio das Nações Unidas e pelos diferentes organismos internacionais, contribuindo para a alteração do paradigma energético em meio urbano atualmente verificado.

Palavras-Chave:

Planeamento Urbano, Sustentabilidade, Energia Solar, Eficiência Energética, Modelo de Ocupação





## **Abstract**

The increasing scarcity of resources and the consequences of the phenomena of the climate change in climate leads to a worldwide debate about the current paradigm of the emergence of the use of renewable energy sources by replacing the non-renewable sources. When this problem is associated with an increasing demographic pressure and a marked development of the urban areas, further overloading the environment, it becomes evident the need to change the assumptions of this paradigm.

In order to contribute to an answer to the current energy scenario, the present study focuses on the development of a methodology that integrates in a clean and renewable energy into the process of the sustainable urban energy planning. Since the Sun is the largest source of energy available on the planet and the one that more easily may integrate into the urban context, it is easy to understand its choice for the lead role in urban planning. To make this happen, it becomes necessary to go through the study and analysis of the knowledge on the scientific area so that a sustainable basis can be created and thus envisaging a correct implementation of this energy source.

The integration of the solar energy in the new urban occupation model, more compact and multifunctional, requires that its implementation be carried out in different ways, namely through the use of physical-spatial parameters considered as relevant, in the operating process of sustainable urban planning. The introduction of these parameters in the planning process makes it possible the assertion of occupation models savvy the need to change the energy life cycle, namely in the consumption stage and the correspondent production in the urban context.

Thus, the integration of the parameters into a model proposal has the main objective to increase the energy efficiency during the phases of design and use and also make it effective the potential of the energy production solution in an urban environment. As a result of that problematic it was developed a practical study for applying the proposed methodology to Portugal, so that the practical applicability of the proposed theoretical model be assessed and ultimately a conclusion drawn.

In short, through the goal of this theme it is possible to build a tool that allows the achievement of targets set in goals for the millennium defined by the United Nations and various international organizations, contributing to the change of the energy paradigm currently found in urban areas.

Keywords:

Urban Planning, Sustainability, Solar Energy, Energy Efficiency, Occupation Model



## **Acrónimos e Abreviaturas**

ADENE - *Agência para a energia*

ASHRAE - *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*

CMO - *Câmara Municipal de Oeiras*

DGOTDU - *Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano*

EIA - *Energy Information Administration*

EREC - *European Renewable Energy Council*

GEOTPU - *Gabinete de Estudos do Ordenamento do Território e Planeamento Urbano*

IEA - *International Energy Agency*

IER - *Institute for Energy Research*

INE - *Instituto Nacional de Estatística*

IPCC - *International Panel of Climate Change*

MIT - *Massachusetts Institute of Technology*

Mtep - *Milhão de toneladas equivalentes de petróleo*

NRC - *National Resource Council*

OCDE - *Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico*

SIG - *Sistema de Informação Geográfica*

SWOT - *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*

WCED - *World Commission on Environment and Development*



## Índice de Matérias

1.	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Motivação e Enquadramento .....	1
1.2	Objetivo .....	1
1.3	Estrutura .....	2
2.	ESTADO DO CONHECIMENTO .....	5
2.1	Necessidade de Alteração das Fontes de Energia .....	5
2.2	Origens e Evolução das Formas das Cidades .....	10
2.3	Modelos de Ocupação para a Cidade Atual .....	14
2.4	Desempenho Energético das Cidades .....	23
2.5	Planeamento Urbano Sustentável .....	25
2.5.1	Enquadramento .....	25
2.5.1.1	Conceito e Evolução do Planeamento .....	25
2.5.1.2	Processo de Planeamento .....	28
2.5.2	Necessidade de um Modelo de Desenvolvimento Sustentável .....	30
2.5.3	Planeamento Bioclimático como Elemento Integrante de um Modelo de Desenvolvimento Sustentável .....	34
2.5.3.1	Origens e Evolução .....	34
2.5.3.2	Estratégias Bioclimáticas Aplicáveis ao Planeamento Urbano .....	37
2.5.4	Processo de Planeamento Urbano Sustentável .....	39
2.6	Estudos Aplicáveis ao Planeamento Urbano Solar .....	42
2.7	Sistemas de Aproveitamento de Energia Solar em Meio Urbano .....	47
2.7.1	Sistemas Ativos .....	50
2.7.2	Sistemas de Aquecimento Passivo .....	52
2.8	Políticas para a Eficiência Energética das Cidades .....	53
2.8.1	Protocolo de Quioto .....	53
2.8.2	Diretiva sobre o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD) .....	54
2.8.3	Os Compromissos de Aalborg .....	56
2.9	Síntese do Capítulo .....	58
3.	PARÂMETROS DO PLANEAMENTO URBANO SOLAR .....	61
3.1	Contexto .....	61
3.2	Vantagens .....	62
3.3	Proposta de Parâmetros .....	62
3.4	Construção de Indicadores .....	70
3.5	Construção da Metodologia .....	73

3.5.1	Identificação e Definição .....	76
3.5.2	Situação de Referência.....	76
3.5.3	Conceção do Plano.....	80
3.5.3.1	Desenho do Plano Urbano .....	80
3.5.3.2	Simulação do Plano.....	83
3.5.4	Implementação do Plano .....	84
3.5.4.1	Implementação.....	84
3.5.4.2	Monitorização .....	86
3.6	Ferramentas Aplicáveis ao Processo.....	86
3.7	Síntese Capítulo .....	87
4.	CASO DO ESTUDO .....	89
4.1	Enquadramento .....	89
4.1.1	Caracterização da Urbanização .....	89
4.1.2	Elementos Programáticos .....	90
4.1.3	Diretrizes e Estratégias Bioclimáticas.....	90
4.2	Implementação de Parâmetros .....	92
4.3	Discussão dos Resultados.....	94
5.	CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	95
5.1	Conclusão .....	95
5.2	Desenvolvimentos futuros .....	95
	BIBLIOGRAFIA .....	97
	ANEXO .....	109

## Índice de Figuras

FIGURA 1.1 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	3
FIGURA 2.1 – CRESCIMENTO PASSADO E PROJEÇÃO FUTURA DO CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA PRIMÁRIA .....	6
FIGURA 2.2- CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA POR FONTE DE ENERGIA.....	6
FIGURA 2.3 – EVOLUÇÃO E PROJEÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA FINAL POR SETOR .....	7
FIGURA 2.4 – EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO E EMISSÃO DE <b>CO2</b> .....	7
FIGURA 2.5 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE DÍÓXIDO DE CARBONO AO LONGO DOS ÚLTIMOS 800 MIL ANOS.....	8
FIGURA 2.6 – EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE <b>CO2</b> VS EVOLUÇÃO DO AUMENTO DA TEMPERATURA .....	9
FIGURA 2.7 – CIDADE DE MILETO (GRÉCIA CLÁSSICA) .....	11
FIGURA 2.8 – CIDADE-JARDIM DE EBENEZER HOWARD .....	13
FIGURA 2.9 – FORMA MODERNISTA, LE CORBUSIER.....	14
FIGURA 2.10 – MODELOS DE OCUPAÇÃO .....	18
FIGURA 2.11 – VIABILIDADE DOS TRANSPORTES PÚBLICOS CONSOANTE O MODELO DE OCUPAÇÃO CONSIDERADO E AS DENSIDADES REGISTRADAS.....	19
FIGURA 2.12 – DENSIDADE VS CONSUMO ENERGÉTICO DE TRANSPORTE .....	20
FIGURA 2.13 – ILHA DE CALOR URBANO NOS DIVERSOS TIPOS DE OCUPAÇÃO DO SOLO .....	21
FIGURA 2.14 – METODOLOGIA DO PLANEAMENTO.....	28
FIGURA 2.15 –PILARES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	33
FIGURA 2.16 – RELEVÂNCIA DAS TÉCNICAS SOLARES AO LONGO DO TEMPO – DIAGRAMA DE BEHLING .....	37
FIGURA 2.17 – ESTRUTURA DO PROCESSO DE PLANEAMENTO URBANO SUSTENTÁVEL.....	41
FIGURA 2.18 – PROCESSO DE CÁLCULO DE POTENCIAL FOTOVOLTAICO DAS COBERTURAS.....	43
FIGURA 2.19 – DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE COBERTURA APLICANDO FATORES CORRETIVOS DE.....	45
FIGURA 2.20 – POTENCIAL TEÓRICO DE TODAS AS ENERGIAS RENOVÁVEIS QUANDO COMPARADO COM AS NECESSIDADES ENERGÉTICAS GLOBAIS DIÁRIAS .....	48
FIGURA 2.21 – COMPONENTES DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL .....	49
FIGURA 2.22 – DIFERENTES INTENSIDADES DE RADIAÇÃO SOLAR MEDIANTE DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMATÉRICAS .....	49
FIGURA 2.23 – TECNOLOGIAS SOLARES EM EDÍFÍCIOS.....	50
FIGURA 2.24 – ESQUEMA DE UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DIRETO.....	51
FIGURA 2.25 - ESQUEMA DE SISTEMA DE GANHO INDIRETO .....	52
FIGURA 3.1 – PERCURSO SOLAR AO LONGO DO ANO PARA UM LOCAL SITUADO NO HEMISFÉRIO NORTE .....	64
FIGURA 3.2 – ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS CONSOANTE O EIXO VIÁRIO CONSIDERADO.....	64
FIGURA 3.3 – VARIAÇÃO DA INSOLAÇÃO ANUAL NAS SUPERFÍCIES EXPOSTAS EM FUNÇÃO DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO E DO ÂNGULO DE AZIMUTE SOLAR, PARA UMA LATITUDE 54º NORTE .....	65
FIGURA 3.4 – RELAÇÃO ALTURA-LARGURA DO ESPAÇO URBANO .....	66
FIGURA 3.5 – ZONA PASSIVA VS ZONA NÃO PASSIVA .....	68
FIGURA 3.6 – ÂNGULOS DA COBERTURA CONSOANTE O PERCURSO SOLAR.....	69
FIGURA 3.7 – METODOLOGIA PROPOSTA.....	75
FIGURA 3.8 – INFLUÊNCIA DO RELEVO NA EXPOSIÇÃO SOLAR E EÓLICA.....	78
FIGURA 3.9 – EXEMPLO DE GUIA DE OPERAÇÃO .....	85
FIGURA 4.1 – PLANTA DA URBANIZAÇÃO CASAS DE SANTO ANTÓNIO .....	89
FIGURA 4.2 – PROJETO DA URBANIZAÇÃO CASAS DE STO ANTÓNIO .....	93





## Índice de Quadros

QUADRO 2.1 – VANTAGENS DE UM MODELO DE OCUPAÇÃO COMPACTA.....	17
QUADRO 2.2 – VANTAGENS E DESVANTAGENS ENERGÉTICAS DO MODELO DE OCUPAÇÃO COMPACTA..	23
QUADRO 2.3 – CONSUMO DE ENERGIA NAS CIDADES POR FONTE DE ENERGIA.....	24
QUADRO 2.4 – INDICADORES AMBIENTAIS .....	39
QUADRO 3.1 – PARÂMETROS PROPOSTOS.....	63
QUADRO 3.2 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE INDICADORES .....	71



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Motivação e Enquadramento

A crescente pressão demográfica, resultado do aumento da população mundial, expôs ainda mais os deficientes processos e atividades associados à produção e consumo de energia. O aumento da taxa de urbanização, nomeadamente dos países em vias de desenvolvimento, promoveu a fixação da maioria da população em zonas urbanas, isto é, levou a que a grande parte da população mundial esteja concentrada em apenas 2% da área do planeta, pese embora as suas ações conduzam a problemas de dimensão global (Garcia & Silva, 2010). As previsões realizadas por diversos organismos levaram a concluir que no futuro a pressão sobre o meio ambiente poder-se-á tornar insustentável do ponto de vista social, económico e ambiental.

Todas as atividades humanas têm uma estreita relação com a energia, já que a mesma é tida como elemento essencial em todas as sociedades para, por um lado, manter as suas condições de vida atuais, e por outro, promover o desenvolvimento e evolução natural da mesma. Deste modo, a energia é o principal motor do desenvolvimento - em todas as suas vertentes - atual e futuro, tal como já o tinha sido no passado. Apesar de a relação entre energia e meio urbano se afigurar de complexa definição, é possível constatar que o atual modelo de ocupação leva a que grande parte da energia seja consumida por atividades e setores localizados nos meios urbanos. Como tal, as condições apresentadas pelos meios urbanos tornaram evidente a necessidade de desenvolver estratégias e medidas que diminuíssem o impacto que a presença do Homem tem provocado no meio ambiente.

É pois a partir desta premissa que se estabelece um novo conceito baseado na sustentabilidade do processo de planeamento. A sustentabilidade dos modelos de desenvolvimento pode ser alcançada através da integração da energia no processo de planeamento, tornando-se, assim, numa peça essencial nos modelos de ocupação urbana.

Portanto, só através de um processo de planeamento, que crie e possibilite a implementação de um modelo de ocupação eficaz, é que se torna possível alcançar meios urbanos sustentáveis, no presente e no futuro, sendo o processo de planeamento a tradução física e espacial dos pressupostos económicos, sociais e ambientais que possibilitam a construção de sistemas urbanos eficientes.

A presente dissertação pretende então responder aos problemas associados a estratégias e modelos de ocupação ineficientes através da introdução de uma energia limpa e renovável nos sistemas físicos dos meios urbanos: a energia solar.

A utilização da energia solar - a maior fonte de energia presente no planeta - no contexto dos centros urbanos tem como objetivo atacar este problema sistémico de dois modos: diminuindo o consumo de energia das cidades e explorando o potencial de produção de energia desta fonte renovável em tecido urbano.

Para que a coexistência destas duas abordagens seja possível, é necessário analisar e compreender de que modo se poderá potenciar e integrar no mesmo modelo. A resposta dá pelo nome de Planeamento Urbano Solar.

## 1.2 Objetivo

O objetivo da presente dissertação consiste na elaboração de um modelo teórico que possibilite a integração da energia solar no processo do planeamento urbano.

O Homem desde os seus tempos primórdios tem concebido diversos modelos de ocupação territorial, sendo que a forma e integração dependeria dos motivos pelo qual se tinha realizado essa ocupação. No passado, motivos de carácter religioso e económico consubstanciaram a forma e concepção dos aglomerados urbanos. Atualmente, o motivo económico prevalece como fator primordial na definição do atual modelo de ocupação. Contudo, está-se perante uma fase histórica. Os pressupostos do atual modelo de ocupação têm vindo a ser questionados e, na esmagadora maioria dos casos, criticados. O modelo de ocupação sustentado por questões de ordem económica não mais é tido como sendo sustentável, resultando na necessidade de integrar os pressupostos ambientais no processo de planeamento. É pois um período ideal para a apresentação de novos modelos de ocupação. Dos diversos modelos que têm sido apresentados, o modelo de ocupação baseado na utilização da energia solar tem sido um dos modelos mais debatidos, uma vez que a sua integração em meio urbano se reveste de enorme eficácia e grande potencial.

Neste quadro, a presente dissertação intenta também constituir-se como sendo mais um pilar fundamentado para a construção de uma base sustentável de um novo modelo de ocupação.

### **1.3 Estrutura**

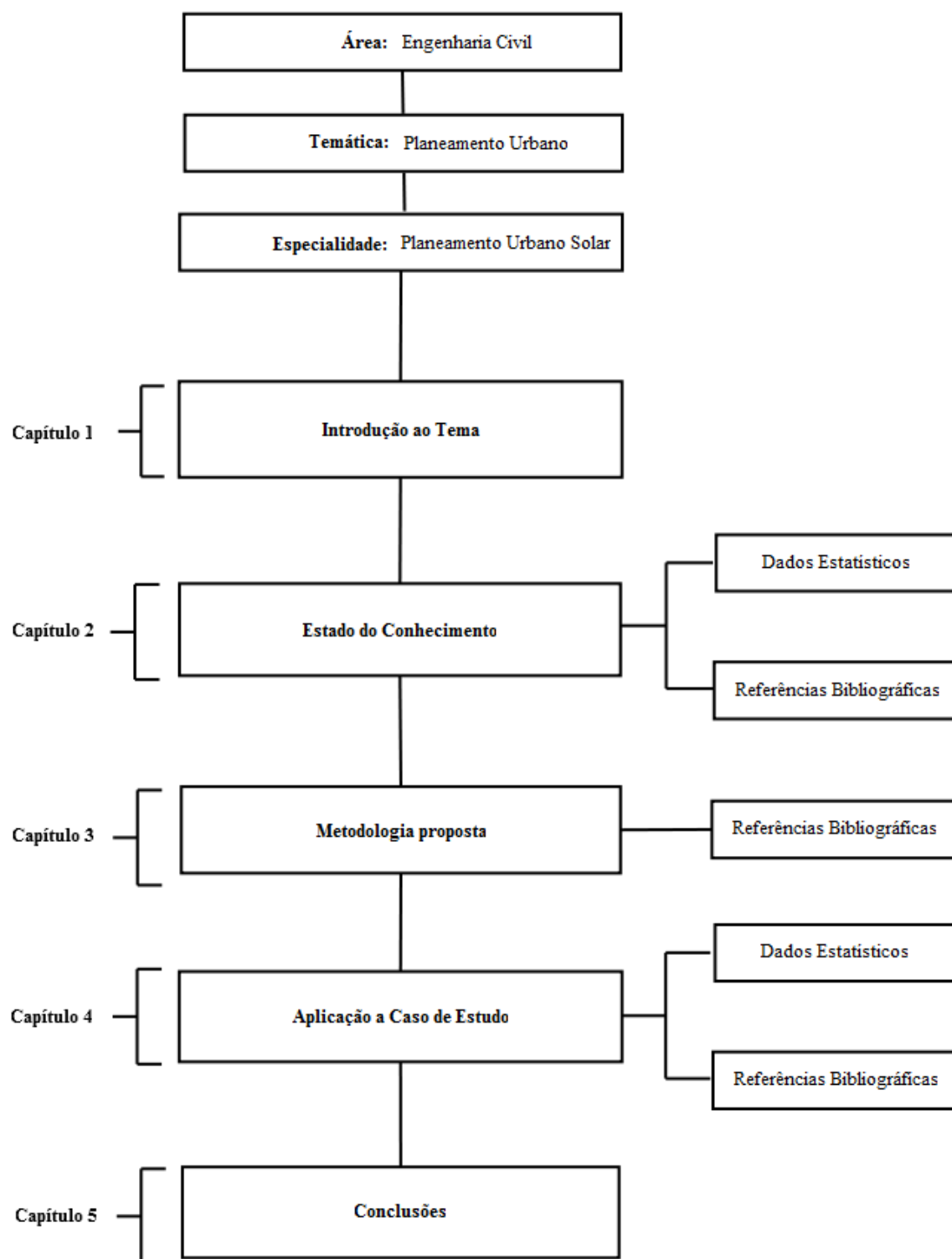
A estrutura da presente dissertação é constituída por 5 capítulos. O primeiro, que se já tem vindo a descrever, refere-se ao enquadramento e estrutura do tema a analisar. São definidos os conteúdos, as formas e os limites que a dissertação apresenta ao longo da sua estrutura.

O segundo capítulo é definido pela análise realizada ao estado do conhecimento. É então efetuada uma revisão da literatura considerada relevante sobre o tema, a qual servirá para enquadrar e posteriormente construir o modelo teórico proposto.

No terceiro capítulo são definidos os parâmetros que mais influem na integração da energia solar numa metodologia de planeamento. É feito igualmente o enquadramento e vantagens que estes parâmetros trazem a uma proposta metodológica, especialmente no capítulo da produção e eficiência de energia em meio urbano. A etapa termina com a apresentação de um modelo teórico que tem como principal valência a sua construção em torno da integração da energia solar no tecido urbano.

No capítulo quadro é efetuada o estudo da aplicação dos parâmetros propostos na etapa anterior. Através do caso de estudo é possível determinar qual o campo de aplicação dos parâmetros propostos e se a sua integração foi considerada, ou se obteve o melhor enquadramento. Deste modo, é realizada uma avaliação da organização física do espaço urbano referente ao local em estudo.

O quinto e último capítulo tem como propósito apresentar das conclusões retiradas do tema da dissertação e indicar sugestões para desenvolvimentos futuros nesta temática.



**Figura 1.1 – Estrutura da dissertação**



## **2. ESTADO DO CONHECIMENTO**

### **2.1 Necessidade de Alteração das Fontes de Energia**

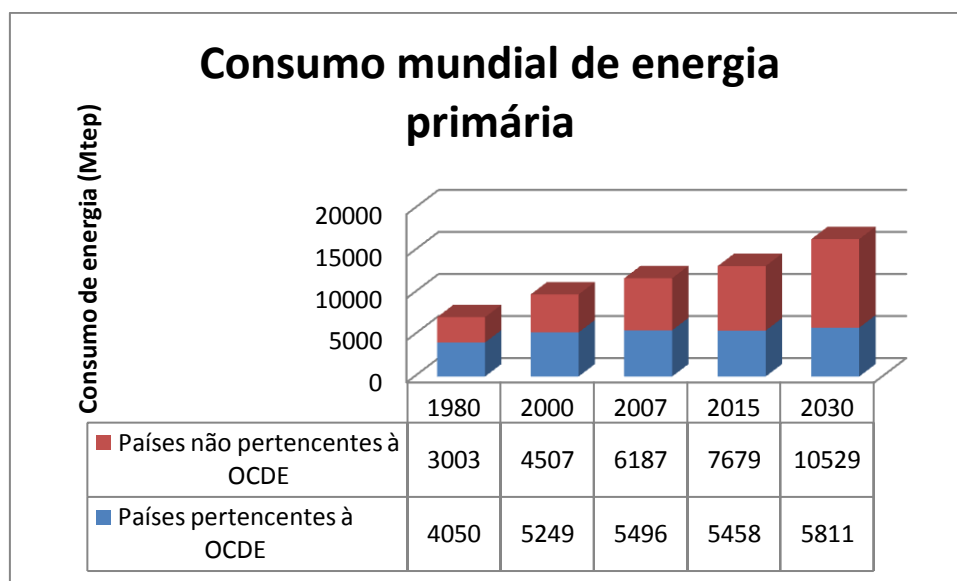
A energia é hoje a base de todos os processos produtivos, determinando desta forma a influência e importância que a mesma possui no planeta e no desenvolvimento do Homem. O principal fator para o aumento da importância e relevância da energia foi o crescimento do seu consumo, especialmente o consumo de energia associado aos combustíveis fósseis, que representam cerca de 80% do consumo energético mundial (IEA, 2008).

Os combustíveis fósseis, como fonte de energia não renovável, têm uma produção limitada, embora lhe esteja associado um custo de produção relativamente baixo. Este fator económico imediato é apontado como sendo a principal razão para a escolha desta fonte em detrimento de outras fontes de energia. Contudo, os fatores ambientais começam a ter cada vez mais peso, promovendo uma reflexão acerca da viabilidade desta fonte de energia. A utilização excessiva dos combustíveis fósseis como principal fonte de energia acabará por esgotar as reservas existentes e por produzir efeitos nefastos no clima, tornando-o mais volátil e extremo. Esta situação originará níveis de conforto inferiores, resultando assim numa maior utilização de energia e agravando ainda mais o fraco desempenho energético vigente (IEA, 2008).

De acordo com Domingos (1998), estima-se que o consumo anual equivalente de petróleo por habitante seja de 800 Kg, totalizando cerca de 4.000 milhões de toneladas de petróleo. Os números só por si não dão qualquer informação acerca da situação em que os atuais processos produtivos se encontram. Mas quando se compara este valor com aquele determinado em 1992, verifica-se uma tendência alarmante no consumo. Em 1992, o consumo anual total era de 3.128,4 milhões de toneladas, tendo-se registado um aumento de 21,79% num espaço de seis anos. De facto, caso a tendência de consumo de energia se mantenha nos atuais níveis, serão necessários apenas 35 anos para duplicar o atual valor referente ao consumo e menos de 55 anos para o triplicar. O valor toma outra dimensão quando comparado com o valor total estimado das reservas de petróleo e gás natural: 136,5 mil milhões e 127,02 mil milhões de toneladas, respetivamente. Caso o consumo de energia continuasse ao ritmo atual, seriam apenas necessários 35 anos para esgotar as reservas prospectadas e identificadas (ADENE, 2012b; Domingos, 1998).

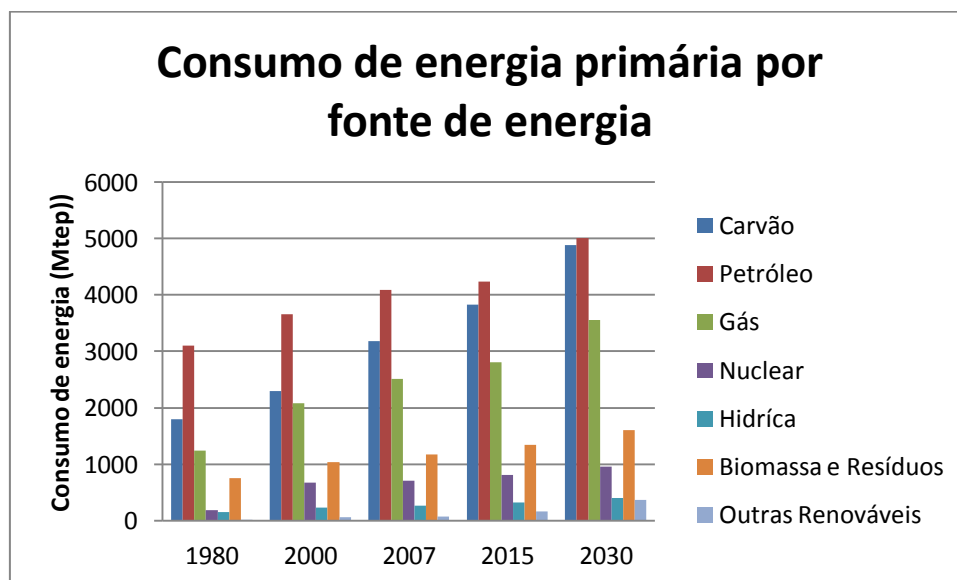
Por detrás destes dados alarmantes encontram-se como principais razões o crescimento populacional e o desenvolvimento das sociedades. Os dados registados confirmam a existência de um crescimento acelerado da população mundial. Em 1950, a população mundial era 2,1 mil milhões, ultrapassando, em 2000, os 6 mil milhões. Atualmente, estima-se que o planeta Terra seja o habitat de cerca de 7 mil milhões de pessoas, e de acordo com a Agência Internacional de Energia, prevê-se que, em 2030, a população mundial ascenda ao valor de 8,2 mil milhões. Deste modo, constata-se que a tendência de crescimento da população continuará a ocorrer ao longo das próximas décadas. A maior parte deste aumento deve-se aos países não pertencentes à OCDE, especialmente no continente asiático e africano. De facto, o aumento da população nos países em desenvolvimento representará cerca de 85% do aumento mundial da população no futuro (IEA, 2009b, 2012b; United Nations, 2004).

Em termos gerais, a energia foi e é um elemento diferenciador entre sociedades. Todas as sociedades desenvolvidas basearam o seu crescimento no uso de energia, e os países em desenvolvimento almejam obter essa mesma energia de forma a alcançarem os níveis de prosperidade dos países mais desenvolvidos. A energia será, portanto, o motor do desenvolvimento no futuro, tal como o foi no passado.



**Figura 2.1 – Crescimento passado e projeção futura do consumo mundial de energia primária (IEA, 2009b)**

Do gráfico acima apresentado retira-se a conclusão de que os países não pertencentes da OCDE serão os principais responsáveis pelo aumento do consumo de energia primária em todo o mundo. As projeções conduzem a uma conclusão semelhante quando se pretende realizar a projeção do consumo de energia por fonte de energia, onde se assiste a um aumento do consumo de energia em todas as fontes, incluindo as fontes de energia não renováveis.

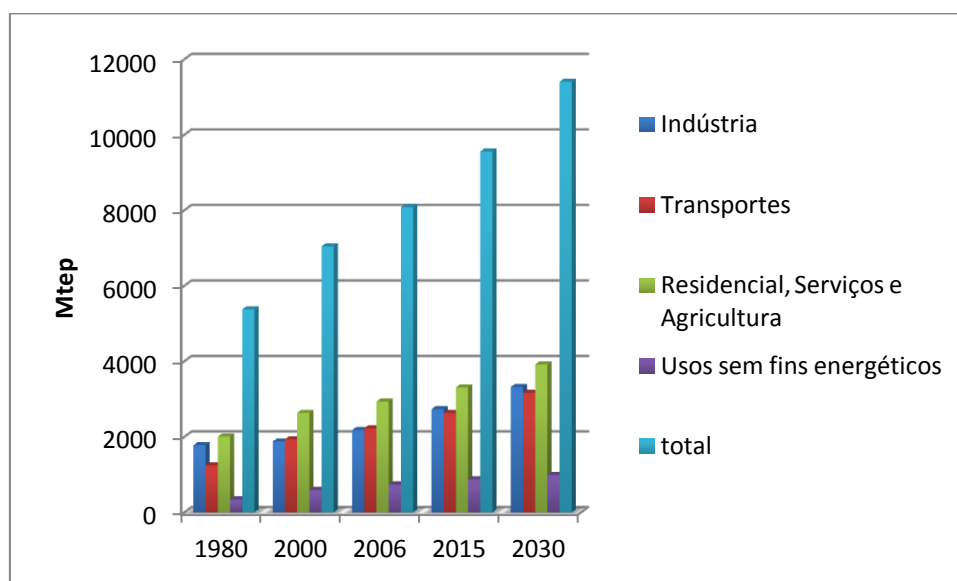


**Figura 2.2- Consumo de energia primária por fonte de energia (IEA, 2009b)**

Ao pretender-se inferir acerca dos setores de consumo de energia, é possível então concluir que o conjunto dos sectores da agricultura, comercial e residencial evoluem com um aumento considerável em cerca de duas vezes o consumo registado no ano 2000. Os setores do transporte e da indústria vão registar o dobro do consumo em 2030, quando comparados com os valores de 2000. Esta variação positiva do consumo associado aos demais setores supracitados, mais uma



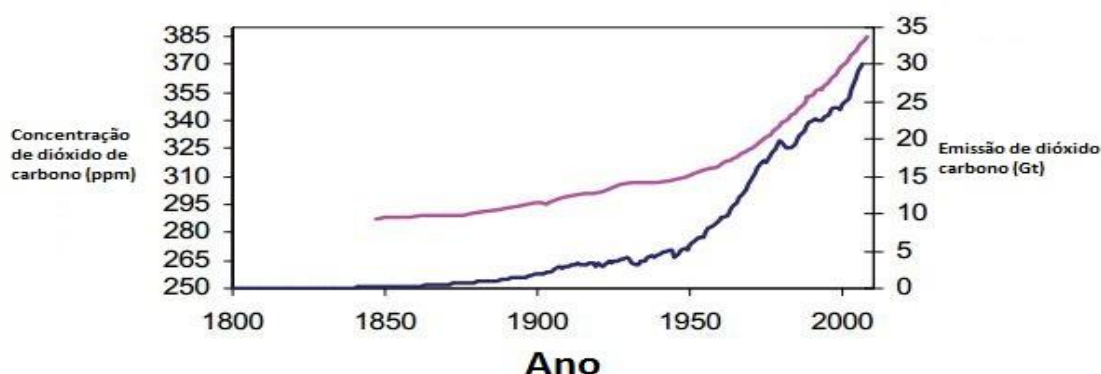
vez, corrobora as razões já apontadas e que são mencionadas como sendo as causas do aumento do consumo de energia.



**Figura 2.3 – Evolução e projeção do consumo de energia final por setor (IEA, 2008)**

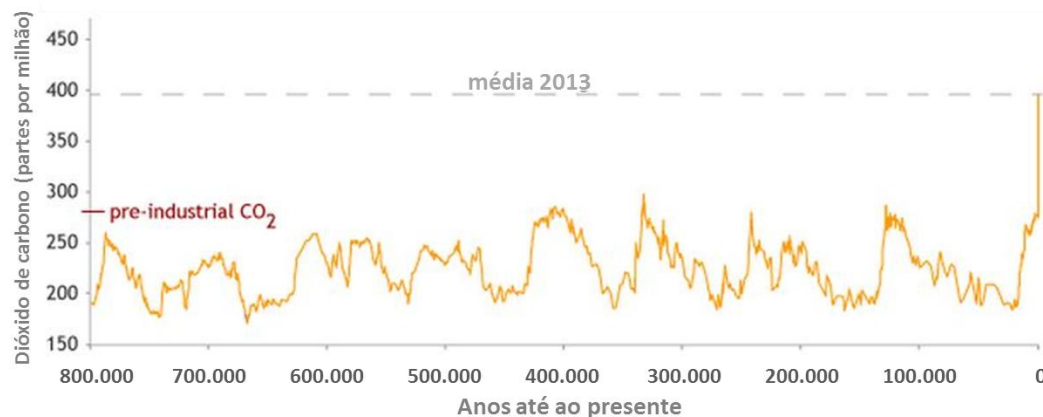
Contudo, a necessidade de alteração das fontes de energia não deve ser apenas vista pelo prisma numérico dos padrões de consumo e produção de energia. A pressão demográfica mundial e o desenvolvimento económico e técnico das sociedades constituem a principal causa do aumento da concentração de gases com efeito estufa na atmosfera - devido ao seu processo de obtenção e extração de energia -, do qual resulta uma acentuada descaracterização e alteração do clima do planeta.

Embora seja difícil de estabelecer na prática uma relação clara e precisa de causa-efeito no binómio emissões de gases - alteração do clima, atualmente poucas dúvidas restam acerca dos efeitos nefastos que a presença excessiva destes gases tem no clima. A relação causa-efeito é suportada por dados estatísticos relativos à temperatura e à presença de gases com efeito estufa (CSIRO & BOM, 2014; IEA, 2008; IPCC, 2007; OECD, 2011), os quais demonstram ambos uma tendência de aumento desde o período da Revolução Industrial (Garcias & Silva, 2010; NRC, 2010). A figura seguinte demonstra que a concentração de dióxido de carbono na atmosfera, quando a emissão deste gás seria perto de zero e apenas se devia aos processos biológicos naturais do planeta, têm vindo a aumentar, passando de 290 ppm durante o período da Revolução Industrial para 385 ppm em 2000.



**Figura 2.4 – Evolução da concentração e emissão de CO<sub>2</sub> (NRC, 2010)**

É de igual modo importante salientar que a presença de dióxido de carbono ao longo dos anos tem sido variável. Como é possível constatar do gráfico abaixo, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera, até ao período da Revolução Industrial, nunca terá ultrapassado o valor de 300ppm, todavia fosse variando ao longo do tempo. Contudo, nos últimos cem anos a concentração de dióxido de carbono ultrapassou em larga escala esse valor, tendo mesmo alcançado, em 2013, o valor de 400ppm. O pequeno espaço temporal, durante o qual se registou uma alteração tão evidente, concretiza a teoria de que a ação antropogénica tem tido um papel importante na alteração da concentração dos elementos constituintes da atmosfera do planeta (<https://www.climate.gov/>).

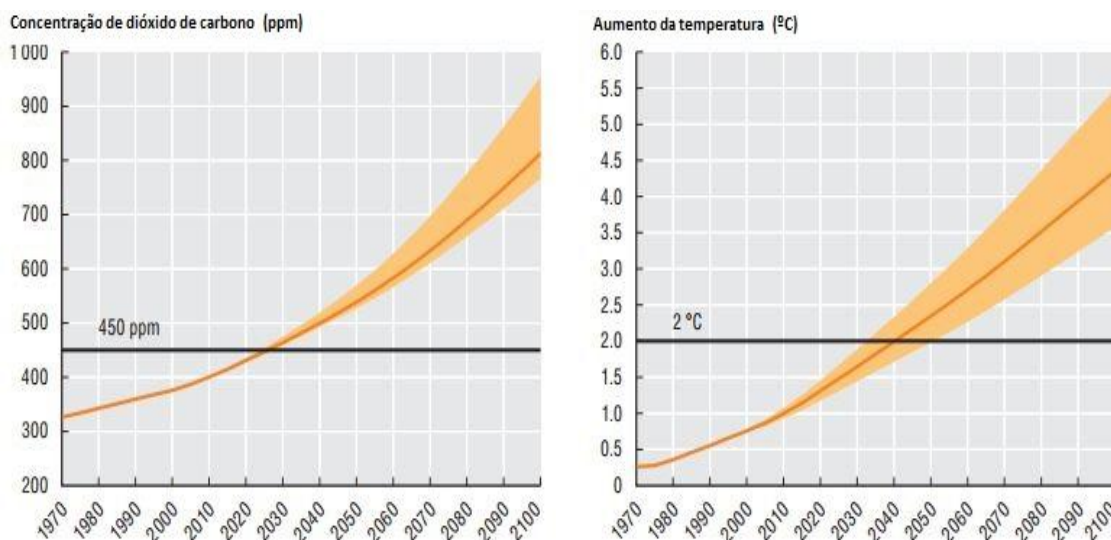


**Figura 2.5 – Concentração média de dióxido de carbono ao longo dos últimos 800 mil anos**  
(<https://www.climate.gov/>)

De facto, é cada vez mais evidente que a ação do ser humano tem produzido variações consideráveis no clima e, por isso, deve ser referido o impacto que a ação antropogénica tem nos demais processos climatológicos do planeta, nomeadamente no fenómeno conhecido por efeito de estufa. O efeito estufa, como processo inerente à existência de atmosfera na Terra, mantém o planeta a uma determinada temperatura, impedindo que a temperatura média registada no planeta alcance valores negativos. Deste modo, o efeito estufa decorre de dois fatores: a emissão de calor - radiação de maior comprimento de onda - da própria Terra e a incidência da radiação solar que aquece a superfície terrestre e que, por seu lado, é reemitida para a atmosfera com um comprimento de onda maior - infravermelho -, a qual é absorvida pelos gases da atmosfera terrestre e que desta forma vai aquecendo as várias camadas constituintes da atmosfera, aumentando consequentemente a temperatura média da Terra (Henriques, 2007). Sem a existência destes gases - metano, dióxido de carbono, vapor de água, entre outros -, a temperatura média no planeta seria de -18°C, ao contrário dos atuais 15°C, resultando numa alteração de 33°C da temperatura média da Terra. O aumento da concentração destes gases devido à ação antropogénica, nomeadamente devido ao processo de obtenção de energia a partir dos combustíveis fósseis, despoleta o aumento da concentração de um dos gases com maior potencial de retenção da radiação infravermelha, o vapor de água (Flannery, 2007). Pese embora uma parte da comunidade científica ainda se encontre cética acerca da influência da ação antropogénica na alteração do clima, não existe qualquer dúvida que a temperatura média global tem tido uma tendência de crescimento acentuado ao longo do último século, aumento esse que será impulsionado, quer por uma ação natural dos próprios processos climatológicos terrestres, quer por aumento da concentração de gases com efeito estufa na atmosfera (Garcias & Silva, 2010; Santos, 2007).

Segundo um estudo realizado pela OCDE (2011), a emissão de gases que provocam o efeito estufa aumentou em cerca de duas vezes o registado na década de 70, sendo que 75% deste aumento corresponde a emissões de dióxido de carbono. A mesma organização avança com um cenário possível de emissões. Neste cenário é projetado que os combustíveis fósseis constituem 85% da procura total de energia, implicando deste modo um aumento de 50% da emissão de

gases com efeito estufa. Para esta organização, e baseando-se no cenário anteriormente referido, as temperaturas podem registar um aumento entre 2 e 2,8°C até 2050 e entre 3,7 e 5,6°C até ao final do século. Nos gráficos seguintes é possível verificar a projeção futura do cenário anteriormente descrito (OECD, 2011).



**Figura 2.6 – Evolução da concentração de CO<sub>2</sub> vs Evolução do aumento da temperatura (OECD, 2011)**

Um outro estudo realizado pela Comissão Europeia, em 2006, deve ser salientado, visto conduzir a um cenário futuro semelhante ao projetado pelas agências já supracitadas, permitindo retirar conclusões concretas apoiadas nos vários estudos apresentados.

O estudo realizado focava sobre os parâmetros pelos quais se regem a produção e consumo de energia, o *Weto-H2*. Neste sentido, o estudo elaborou três cenários possíveis: cenário referência, cenário de constrição de emissão de dióxido de carbono e cenário de aumento de uso de energia baseado no hidrogénio. A escolha do modelo para a presente dissertação recaiu sobre o cenário de referência, pois é aquele que representa a evolução futura das atuais tendências, não incluindo possíveis mudanças de políticas da realidade energética vigente. Este estudo apenas se foca no consumo e produção de energia e no respetivo desenvolvimento da economia, não se debruçando sobre as alterações climáticas decorrentes da utilização de energia não renovável (European Commission, 2006).

Deste modo, a projeção de referência descreve um cenário no qual se mantêm as tendências económicas e tecnológicas atuais, construindo esse mesmo cenário com base no aumento em mais do dobro da procura por energia, no quadruplicar do consumo de eletricidade e no aumento em 80% das emissões de dióxido de carbono (European Commission, 2006). Assim, as previsões feitas por este estudo são listadas em seguida:

- O consumo total de energia no mundo aumenta dos atuais 10 Gtep por ano para 22 Gtep/ano em 2050. Grande fatia deste consumo reporta-se à utilização de energias fósseis – cerca de 70% do consumo total, enquanto as fontes de energia não fósseis representam cerca de 30%, resultando em repartição por igual deste valor em energias renováveis e energia nuclear;
- A dimensão da economia mundial, em 2050, será 4 vezes superior à atual, embora o consumo mundial de energia apenas aumente cerca de 2,2 vezes. Deste ponto pode-se retirar que existe um aumento da eficiência energética, obtida em parte por alterações tecnológicas ou estruturais introduzidas de forma autónoma na economia. Esta eficiência energética deve-se essencialmente à continuação de políticas de eficiência energética e a um forte aumento dos preços de energia;

- A procura de energia aumenta fortemente nas regiões do mundo em desenvolvimento, onde as necessidades energéticas de base não se encontram hoje plenamente satisfeitas. O consumo de energia nestes países ultrapassa os dos países desenvolvidos em 2010, sendo que em 2050 corresponderão a cerca de dois terços do consumo de energia mundial;
- A implantação das fontes de energia não fósseis compensará em certa medida a reintrodução do carvão em termos de emissões de dióxido de carbono, que aumenta de forma quase proporcional ao consumo energético global. Em 2020, a emissão de gases com efeito estufa tem o valor de 29 Gt. Em 2050, a previsão aponta para 45 Gt, o que corresponde a 1,56 vezes em relação ao valor de 2020;
- O preço do petróleo cresce gradualmente até 2050, sendo que nessa data o valor deste recurso ficará a dever-se à crescente escassez do mesmo;

Desta forma, o conjunto de estudos apresentados permite constatar que o aumento da produção e consumo de energia se tem vindo a verificar ao longo dos dois últimos séculos, prevendo-se que a tendência se mantenha ao longo do próximo século. As principais causas para o aumento do consumo de energia foram o desenvolvimento tecnológico e económico e a crescente pressão demográfica, resultado do aumento da população mundial. O recurso a fontes de energia não renováveis para suprir as necessidades energéticas mundiais resultou na escassez dos próprios recursos e em alterações no clima do planeta. A alteração das condições climáticas deve-se ao processo de obtenção e produção de energia, durante os quais são lançados gases para atmosfera que conduzem a um aumento do número de partículas absorvedoras em suspensão no ar, potenciando deste modo o fenómeno efeito de estufa no planeta. A alteração da composição da atmosfera terrestre poderá conduzir a alterações drásticas e nefastas do clima, gerando condições de conforto inferiores, do qual resulta por sua vez num aumento do consumo de energia necessário para corrigir as inadequadas condições de conforto existentes. Deste modo, é possível constatar a existência de um ciclo vicioso e a necessidade da emergência de se quebrar esse mesmo ciclo por forma a não se ultrapassar o limite da capacidade de carga do meio ambiente, garantindo-se dessa forma a sustentabilidade do meio ambiente para as gerações vindouras.

## **2.2 Origens e Evolução das Formas das Cidades**

O início do processo de construção dos primeiros aglomerados urbanos remonta ao período Neolítico. Até à época, o Homem tinha sido apenas caçador-coleto, com vida errante e sem se fixar por muito tempo no mesmo local. É por esta altura que se dá a descoberta de que a sedentarização era possível através do domínio da agricultura e da utilização racional dos seus recursos (Mateus, 2008).

A partir deste momento foi possível, através do aumento de recursos e da tecnologia, optar por este modo de vida, dando-se início a um aumento da dimensão dos aglomerados (Rodrigues, 2009).

Assim, o domínio das técnicas agrícolas foi um fator chave para o crescimento populacional nas cidades, uma vez que os excedentes produzidos deram azo ao desenvolvimento das populações e ao mesmo tempo funcionaram como moeda de troca (Rodrigues, 2009).

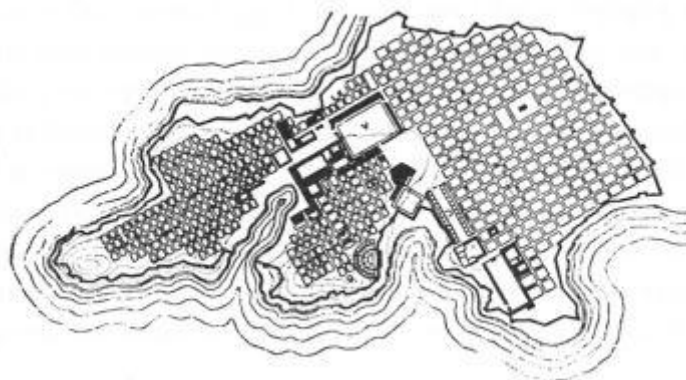
Deste modo, os primeiros aglomerados surgem durante o período Neolítico, nos quais se assiste à passagem do nomadismo para a sedentarização e ao aparecimento das primeiras aglomerações de famílias e tribos.

Por volta de 3500 a.C., surgem as primeiras verdadeiras cidades. Características como a proximidade a um rio e a existência de uma agricultura desenvolvida são relevantes para a definição das cidades deste período. Estas cidades eram implantadas em locais onde se

concentravam e trocavam os excedentes produzidos pela agricultura proporcionados por solos férteis (Condessa, 2006).

As primeiras grandes cidades surgem, no entanto, na Mesopotâmia e onde se destacam, como elementos configuradores da geometria urbana, a sua dimensão - dezenas de milhares de habitantes -, a inclusão de muros defensivos a circundar as formas urbanas e a utilização de um traçado de regularidade geométrica definido por ruas largas e constantes, recortadas por muros que formavam ângulos retilíneos (Benévolo, 1993 citado por Abiko *et al.*, 1995).

É portanto de notar que as primeiras grandes cidades surgem numa época anterior às civilizações Greco-Romana. As cidades destas civilizações pautavam-se pela construção do bloco edificado no interior das muralhas que circundavam a cidade, muralhas essas que acentuavam a formulação defensiva das formas urbanas desta época. No interior das muralhas assistia-se à formação de malhas de projeção ortogonal - denominada de forma urbana clássica -, as quais consistiam na formação de ruas, quarteirões e praças que deste modo definiam a geometria do espaço público - configurando-se como espaços de socialização -, onde o mesmo era regulado e definido por uma entidade administrativa. A estrutura organizativa do espaço urbano desta época demonstra que as formas urbanas eram concebidas sem qualquer limitação histórica e topográfica e onde no centro das cidades se encontravam os principais elementos administrativos e monumentos - consistindo num zonamento funcional do espaço -, aos quais eram posteriormente adicionadas as unidades habitacionais em torno dos mesmos, mantendo a mesma ordem regular e perfeita proporcionada pela malha geométrica. A construção e posterior disposição dos edifícios seguiam então uma linha de continuidade conducente com o traçado viário implantado, apresentando deste modo fachadas lineares contínuas e paralelas às ruas que as serviam (Condessa, 2006; Lamas, 2000; Partidário, 2002).



**Figura 2.7 – Cidade de Mileto (Grécia Clássica)**  
(Goitia, 1982 citado por Partidário, 2002)

Na Idade Média, por imposição do sistema feudal vigente, assistiu-se à regressão da dimensão das cidades - uma vez que era incentivado o regresso da população ao campo -, resultando na diminuição das trocas comerciais e deste modo diminuindo a importância das cidades. No período Medieval assiste-se a adoção de uma nova forma urbana, a qual consistia na adoção de configurações urbanas que respeitassem a topografia dos locais onde as mesmas se implantavam, observando-se a adoção de malhas radiocêntricas, as quais eram constituídas por ruas principais que partiam do centro em direção às muralhas e por ruas secundárias circulares em torno do centro do centro que ligavam as ruas principais. As cidades eram então situadas em locais de difícil acesso e protegidas por muralhas, que dessa forma acentuavam o caráter defensivo da sua formulação. Deste modo, as ruas apresentavam-se com escassas estruturas verdes urbanas, irregulares e sinuosas, imperando um caráter orgânico na sua definição do qual resultava uma formulação dos espaços urbanos consoante as necessidades da mesma -

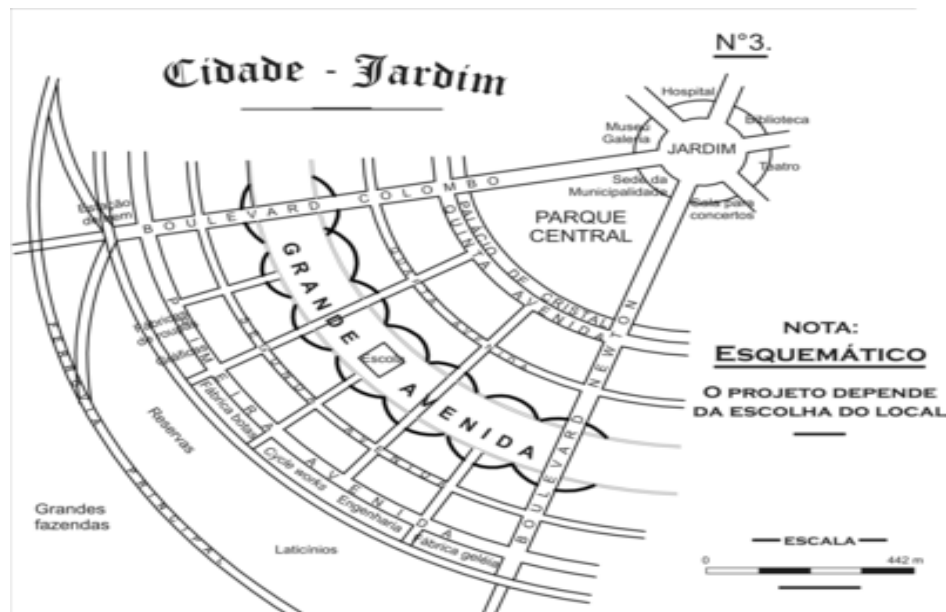
renegando a construção de espaços públicos de lazer -, não imperando uma lógica racionalista do espaço, tal como tinha ocorrido no período Greco-Romano (Goitia, 1982 citado por Abiko, 1995; Condessa, 2006; Higuera, 2006; Lamas, 2000).

A utilização de uma malha ortogonal, durante o Renascimento e Barroco, constituiu um regresso à formulação das formas urbanas encontrada nas cidades do período Greco-Romano e espelhavam o movimento intelectual que imperava à época. Devido a este movimento, assistiu-se à procura excessiva por formas urbanas geométricas e simetricamente perfeitas através da utilização da malha de projeção ortogonal - quase sempre quadrada -, definindo ruas, praças e fachadas lineares contínuas ao longo do traçado viário e em que todos os elementos caracterizadores desta forma urbana se encontravam constituídos por linhas retilíneas. As principais diferenças entre as épocas apresentadas residiam na dimensão das cidades e na concentração dos principais edifícios e monumentos no centro das mesmas - zonamento funcional -, as quais se configuram como elementos caracterizadores da cidade do período Barroco (Condessa, 2006; Lamas, 2000; Partidário, 2002).

A revolução dos processos produtivos, económicos e tecnológicos que caracterizaram o período da Revolução Industrial conduziu a um processo de grande expansão das cidades, uma vez que nas mesmas se encontravam as principais oportunidades e atividades económicas, resultando num processo de êxodo das zonas rurais em direção às cidades. Neste período, e devido à necessidade de se fornecer uma rápida resposta para os problemas apresentados pelo aumento exponencial da procura de espaços urbanos, recorreu-se à sistematização do uso de malhas de projeção ortogonal, à construção de formas urbanas indutoras de elevadas densidades - até aqui sem precedentes - e à destruição e substituição dos espaços verdes urbanos por blocos habitacionais que pudessem acomodar os operários e as suas respectivas famílias (Cavaco, 1998; Lamas, 2000).

Após a implementação da cidade industrial, e como resposta a esta, surgem um conjunto de propostas de diferentes configurações urbanas, os quais se baseiam na proposição de conceitos opostos aos até aí existentes, resultando em formas urbanas diferenciadas e inovadoras. Deste período fazem parte as formas Jardim e Modernista. As novas configurações urbanas resultam, deste modo, de uma organização espacial do território - contrapondo os métodos de um planeamento que se pautava por uma formulação dos sistemas urbanos de acordo com as necessidades imediatas das populações - e da introdução de conceitos opostos aos adotados durante o período da Revolução Industrial -através da integração de diversos elementos da Natureza no processo de desenho - e da possibilidade de utilização de recursos técnicos inovadores gerados pela Revolução Industrial, nomeadamente no domínio dos transportes público e privado (Lamas, 2000).

O conceito de Cidade-Jardim surge no final do século XIX e início do século XX, desenvolvido por Ebenezer Howard, o qual se baseia na construção morfológica de uma cidade tomando uma forma concêntrica, constituída por um conjunto de anéis - interligados por amplos arruamentos que partiam do centro em direção à periferia do aglomerado, permitindo percorrer a distância entre os diversos locais em menor tempo -, por habitações de carácter unifamiliar isoladas, em banda ou geminadas - e onde prevalecia a introdução da Natureza nos espaços urbanos (Amado, 2008; Cavaco, 1998; Condessa, 2006; Higuera, 2006; Lamas, 2000; Simões, 2008).





**Figura 2.9 – Forma Modernista, Le Corbusier**  
([www.vitruvius.com.br](http://www.vitruvius.com.br))

Na década de 70 do século passado, surge o movimento Pós-Moderno, o qual se tenta aproximar de alguns princípios clássicos, tais como a utilização de quarteirões, praças e ruas. Contudo, esta corrente abandona certos pressupostos, como a orientação solar do parque edificado e a livre implantação dos edifícios no solo. É esta a forma que atualmente toma conta da maior parte das cidades dos países desenvolvidos (Amado, 2002; Lamas, 2000).

De facto, o estudo das diferentes configurações urbanas indicia que as formas de uma cidade não são apenas concebidas pelos valores e ideais de um só arquiteto. Em todas elas encontram-se as formulações físicas dos valores e pensamento vigente às várias épocas, sendo então constituídas por uma diversidade de estilos de que resulta um enriquecimento da natureza única das mesmas.

## **2.3 Modelos de Ocupação para a Cidade Atual**

Os modelos de ocupação apresentados no presente tema definem a organização espacial das atividades e a intensidade do uso do solo, modelos esses que se foram estruturando mediante a alteração mediante a alteração, ao longo do tempo, das diversas dinâmicas socioeconómicas e tecnológicas. Deste modo, o desenvolvimento tecnológico, social e económico das sociedades resultou em diferentes dinâmicas e atividades, as quais acabaram por produzir diferenciados modelos de ocupação e uso do solo.

O modelo de ocupação numa época anterior à Revolução Industrial apresentava como principal característica um tecido urbano denso e onde a maioria dos locais se encontrava acessível a pé. A cidade pré-Revolução Industrial apresenta-se assim compacta, densa, de centralidade única e centrípeta (Pereira, 2004).

Durante o período da Revolução Industrial, assistiu-se a alterações nos processos socioeconómicos - nomeadamente devido à emergência de uma nova classe social, a classe operária -, os quais conduziram a profundas alterações nos padrões e estilos de vida, resultando deste modo em diferentes níveis e formas de ocupação do solo. Como resultado, as cidades sofreram assim alterações radicais na sua génese. Este período é marcado pelo êxodo rural e por um acentuado aumento demográfico nas cidades, que teve como resposta a construção e proliferação de bairros residenciais em torno das indústrias, conduzindo ao aumento das densidades urbanas até aí apresentadas. A expansão da cidade industrial ocorre sem qualquer respeito pelos limites físicos da cidade, expandindo-se de forma radial. A expansão foi concretizável através da utilização de malhas regulares ortogonais em série que promoviam uma



eficiente e adequada organização espacial do território, assim como possibilitavam uma resposta rápida à então existente demanda por novos espaços em torno dos centros urbanos (Cavaco, 1998; Lamas, 2000).

É durante a segunda metade do século XIX que aparecem as primeiras críticas ao modelo de ocupação da cidade industrial, uma vez que as altas densidades - característica deste modelo de ocupação - eram apontadas como causa de incêndios, da proliferação de doenças, de insegurança e de conflitos sociais (Churchman, 1999).

A resposta a estas problemáticas surgiu por Ebenezer Howard e por Frank Lloyd Wright - autor da *Broadacre City* -, os quais não viam qualquer vantagem em cidades que apresentassem elevadas densidades, estabelecendo um valor de 80 e 10 habitantes por hectare, respetivamente. Estes valores apresentavam valores totalmente opostos aos formulados por Le Corbusier, o qual defendia densidades de 1000 habitantes por hectare na sua Cidade Radiosa (Nobre, 2011).

A Cidade-Jardim assentava assim num modelo de ocupação baseado em aglomerados de baixa densidade e onde predominava a separação funcional dos espaços - zonamento funcional. Deste modo, o centro é dominado pela ocupação de um amplo espaço verde e por edifícios públicos de consideráveis dimensões, sendo circundado por um anel destinado às atividades comerciais - as quais não deveriam distar mais de 500 a 600 metros para qualquer residente da nova cidade -, enquanto as instalações industriais se deveriam instalar no anel exterior da cidade - servidos por uma linha ferroviária - e onde o setor residencial se deveria fixar nos anéis intermédios, compartimentando assim o espaço urbano. Assim, esta forma urbana foi obtida essencialmente pela alteração das condições de mobilidade e acesso dos meios urbanos, nomeadamente através da massificação do transporte ferroviário - sendo este o principal meio de transporte neste modelo -, propiciando a criação de novos limites das cidades, nomeadamente sob a forma de comunidades suburbanas nas periferias dos grandes centros urbano. É assim proposto a deslocação de uma boa parte da população - e respetivos empregos - para novas cidades construídas em áreas rurais.

A *Broadacre City* apresentada por Frank Lloyd Wright surge no início do século XX e assenta na premissa da mistura de espaços urbanos com espaços rurais e na definição de baixas densidades para o bloco edificado. O formato do bloco edificado consistia em moradias isoladas rodeadas por espaço verdes - definindo uma área equivalente a um acre, ou 4000 m<sup>2</sup> - e onde a utilização massiva do automóvel se traduzia como principal meio de transporte, uma vez que este seria o único meio de transporte viável. A expansão da ocupação urbana estaria, assim, dependente da tecnologia, especialmente no setor dos transportes, sendo sustentada deste modo pelo traçado viário e não por outros valores de maior relevância. A utilização do solo, neste caso, consistia na mistura entre as diversas atividades no espaço urbano, opondo-se ao zonamento da Cidade-Jardim proposta por Ebenezer Howard (Cavaco, 1998; Metcalf, 2010; Salgueiro, 1998).

Estes novos modelos de ocupação conduziram a um povoamento disperso do território e em locais de baixa densidade, de reduzida integração de espaços verdes urbanos, monofuncionais - distanciando os locais de vivência e lazer dos espaços de trabalho -, seguindo deste modo alguns dos pressupostos teóricos apresentados por Howard e Wright (Amado, 2002; Velázquez, 2002).

Os principais motores para a implementação deste modelo de ocupação foram a crescente utilização do transporte individual, o desenvolvimento económico e tecnológico das sociedades, o baixo custo de produção e distribuição da energia elétrica, o facto de ser necessário encontrar uma resposta para o modelo de ocupação da cidade industrial e a ambição dos habitantes com maiores rendimentos em encontrarem uma superior qualidade de vida na periferia dos centros urbanos (Dieleman & Wegener, 2004; EEA, 2006; Steemers, 2003). Ou seja, estes modelos dispersos resultam não de um processo planeado, mas antes de uma consequência de uma série de fatores externos aos processos de planeamento (Neuman, 2005; Steemers, 2003; Velázquez, 2002).

O modelo de ocupação dispersa foi então o modelo adotado - especialmente após a segunda grande guerra, período no qual se assistiu a um acentuado desenvolvimento económico e tecnológico e a um aumento da população mundial - e que ainda hoje se encontra implementado nas mais variadas cidades dos países desenvolvidos, tendo conduzido a uma realidade de dimensões bem superiores às registadas no início do século passado. Um exemplo que suporta esta afirmação é o facto de que os centros urbanos da União Europeia, nos últimos anos, terem assistido a um aumento de 33% no total da sua população, enquanto a sua respetiva área registou um aumento de 78% (EEA, 2006).

É precisamente devido à excessiva dispersão das formas urbanas que este modelo de ocupação tem sido criticado pela maioria dos intervenientes nos processos de planeamento e ordenamento do território. As principais críticas debruçam-se sobre a extensão dos impactos que este modelo de ocupação tem nas vertentes social, ambiental e económica dos atuais sistemas urbanos.

Um modelo de ocupação dispersa tem, de facto, um impacto profundo na vertente ambiental dos sistemas urbanos, nomeadamente no exagerado consumo e impermeabilização de solos permeáveis - diminuindo deste modo a capacidade de recarga dos aquíferos -, na redução dos espaços urbanos livres, nos superiores níveis de emissão de gases com efeito estufa - decorrentes de fluxos pendulares em maior número e dimensão, da construção, operação e manutenção de todas as infraestruturas básicas de apoio e do acentuado aumento da superfície da envolvente exterior que conduz a um cenário de trocas térmicas intensas entre o ambiente interior e exterior (Churchman, 1999; EEA, 2006; Higuera, 2006; Madureira, 2005; Velázquez, 2002).

Do ponto de vista económico, o povoamento disperso das populações vê a sua fatura energética aumentar. A fatura energética vê os seus valores alterados devido à construção, operação e manutenção das infraestruturas de suporte, à utilização excessiva do transporte motorizado individual - único meio de transporte economicamente viável - e derivado do aumento do consumo de energia das edificações. Este modelo potencia igualmente a segregação económica dos espaços residenciais que consiste na impossibilidade de determinados grupos sociais acederem a zonas habitacionais de elevado custo, uma vez que as mesmas veem o seu custo de construção alterado devido aos elevados custos associados à construção das infraestruturas de suporte (Amado, 2002; Higuera, 2006; Velázquez, 2002).

Uma vez que este modelo resulta na redução do uso do transporte individual, por oposição à utilização do transporte público, o mesmo conduz a cenários de segregação etária - nomeadamente relativa às franjas da população de mais idade - e de segregação socioeconómica - decorrente do facto de que em modelos de ocupação dispersa, devido aos custos associados à construção das habitações, certos locais apenas se encontram disponíveis a determinadas franjas da população, tal como já tinha ocorrido no período da Revolução Industrial, quando as classes sociais com maior poder económico iniciaram um processo de divergência em direção às periferias em busca de melhores condições de vida. O mesmo modelo conduz a um cenário de reduzido acesso a áreas culturais - uma vez que as mesmas não são economicamente viáveis - e de menor utilização dos espaços urbanos, conduzindo a situações de menor integração e coesão social (Amado, 2002; Higuera, 2006; Madureira, 2005; Velázquez, 2002).

Neste sentido, é relevante mencionar as críticas apontadas por Pereira (2004) e Borja (2003), que vão de encontro e corroboram as críticas até aqui mencionadas. Deste modo, Pereira (2004, p.4-5) refere que:

“Estes modelos de organização territorial apresentam debilidades do ponto de vista territorial e ambiental, não sustentáveis a longo prazo, porque são grandes consumidores de solo e energia, com custos de infraestruturas e de gestão dos serviços elevados face às extensas áreas de baixa densidade que servem, provocando a redução progressiva dos

espaços abertos e a degradação/desaparecimento das paisagens rurais, onde se misturam”

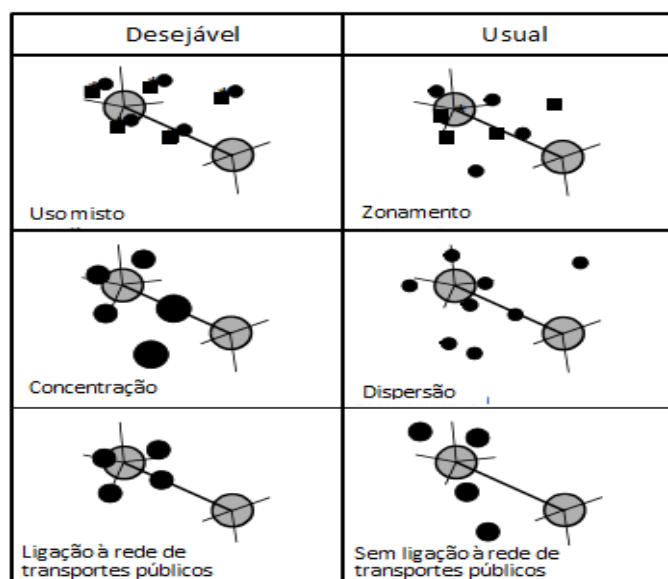
Por sua vez, Borja afirma que (2003, p.30):

“A cidade “emergente” é “difusa”, de baixas densidades e elevada segregação, territorialmente fragmentada, pouco sustentável, e social e culturalmente dominada por tendências perversas de dualização e exclusão. O território não se organiza em redes sustentadas por centralidades urbanas fortes e integradores, mas fragmentadas por funções especializadas e por hierarquias sociais.”

Deste modo, o modelo de ocupação compacta (Fig. 2.10) - baseado em alguns pressupostos teóricos postulados por Le Corbusier - surge em alternativa ao modelo atualmente vigente. Este modelo baseia-se na densificação e intensificação urbana, no incentivo de uso misto - residencial e comercial - dos espaços, na utilização de transportes públicos e de outras formas de acessibilidade não motorizada (Fig. 2.11). Este modelo é, na sua génese, diametralmente oposto ao modelo de ocupação dispersa, tendo, por isso, claras vantagens associadas à sua implementação nos centros urbanos (CCE, 2004; Churchman, 1999; DPIN, 2002; Hui, 2001; Papa *et al.*, 2014; Yeang, 2000; Thomas, 2013).

**Quadro 2.1 – Vantagens de um modelo de ocupação compacta  
(Yeang *et al.*, 2000)**

<b>Social</b>
Proximidade social encoraja a interação positiva e a diversidade Melhora a viabilidade e o acesso a serviços comunitários Promove a integração de forma mas eficiente da habitação social
<b>Económico</b>
Providencia uma superior economia das infraestruturas Possibilita a viabilidade económica do desenvolvimento urbano Possibilita a viabilidade financeira dos transportes públicos urbanos
<b>Ambiental</b>
Aumenta a eficiência energética Diminui o consumo de recursos Gera menos poluição Mitiga a procura por novas construções, evitando o desenvolvimento disperso

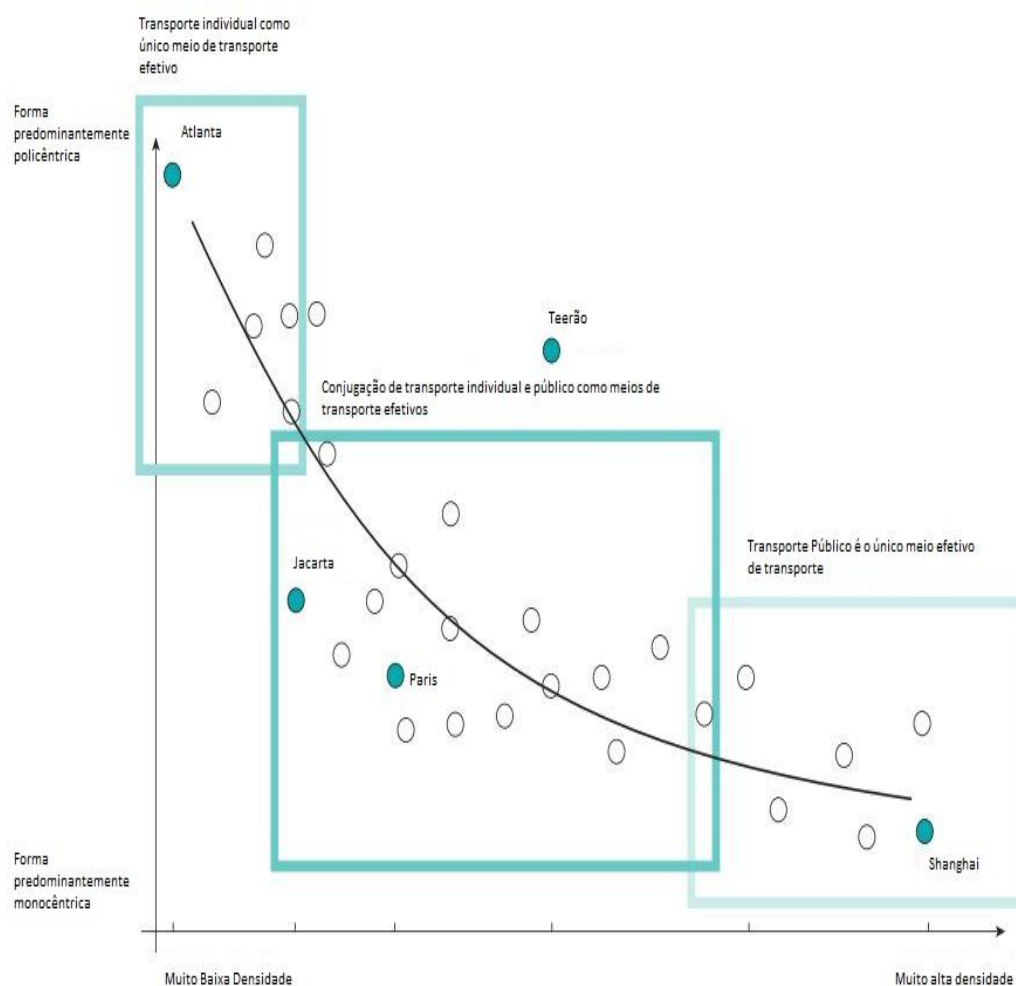


**Figura 2.10 – Modelos de Ocupação**  
(Adaptado de Verroen, 1995, citado por Snellen, 2002)

Segundo Ponte da Silva (2008), este modelo potencia um conjunto de outros cenários vantajosos como o eficiente uso e ocupação do solo, a valorização e dinamização do património, e a uma superior atratividade das zonas construídas.

Contudo, apesar de já existir alguma convergência quanto às vantagens deste modelo, alguns autores consideram que nenhum estudo estabeleceu e definiu, de forma inequívoca, as vantagens ou desvantagens deste modelo. Neste campo, Cunha e Bochet (2003, citado por Madureira, 2005) e Neuman (2005) questionam-se acerca da clareza na definição de conceitos, da inexistência de uma análise completa das diversas interdependências que um estudo deste género obriga, da incapacidade de definir indicadores precisos, da falta de informações comparáveis entre os modelos e dos pouco fiáveis métodos de avaliação. Por seu turno, Goddarch (1994, citado por Churchman, 1999) e Jenks e Jones (2010) referem que não é possível garantir que os habitantes das cidades compactas utilizem em número superior os transportes públicos, uma vez que a utilização dos mesmos está muito dependente das atitudes e comportamentos dos residentes e não apenas da distância a percorrer entre locais.

Como alternativa ao modelo de ocupação compacta surge o modelo de cidade policêntrica. Este modelo defende o conceito de uma cidade multinucleada, onde o setor terciário é disperso pelos diversos núcleos compactos, ligados por uma rede eficiente de transportes públicos e onde as políticas de contenção da dispersão urbana devem continuar a ser seguidas e respeitadas (Madureira, 2005). É de salientar, igualmente, a importância que as infraestruturas físicas de suporte - transporte público - possuem neste modelo, já que, devido à configuração e forma urbana adotadas, apenas este suporte físico é eficiente na correta ligação e integração dos aglomerados entretanto criados, de modo a que as distâncias entre os núcleos não sejam percorridas através do transporte motorizado individual (Madureira, 2005).



**Figura 2.11 – Viabilidade dos transportes públicos consoante o modelo de ocupação considerado e as densidades registadas (Bertaud & Malpezzi, 2003 citado por Lefèvre, 2009)**

Nos últimos anos surgiu uma variante deste modelo. Denominado de *Short Cycle Cities*, este modelo assenta nas mesmas premissas do modelo descentralizado policêntrico, mas faz da integração do espaço verde no modelo a sua principal característica. Como tal, este modelo visa obter um aumento da qualidade, acessibilidade e quantidade de espaços verdes nos aglomerados urbanos e assim permitir o aumento das atividades de recreio e lazer. Deste modo, as grandes vantagens da existência de uma densa estrutura verde no seio de um aglomerado urbano são a possibilidade de moderação do microclima e o facto de permitir uma superior integração e coesão social através da utilização destes espaços como locais de recreio e lazer (Madureira, 2005).

Atualmente, são várias as estratégias a considerar quanto ao melhor e mais funcional ordenamento do território. No entanto, e conforme anteriormente mencionado, ainda não existe um consenso absoluto sobre qual o melhor modelo de ocupação, não obstante do facto de que o modelo de cidade compacta tenha sido enunciado como o que melhor se coaduna com as atuais preocupações de cariz ambiental, social e económico. Neste sentido, o Livro Verde sobre o Ambiente Urbano refere que se deve considerar a opção por uma cidade mais compacta, já que este é o modelo mais eficiente do ponto de vista ambiental, beneficiando igualmente de vantagens nos campos social e económico (CEC, 1990).

Em s mula, existe um consenso de opiniões em torno de um modelo que sustente o seu ideal na densificação e uso misto dos espaços urbanos, divergindo deste modo das atuais políticas de dispersão urbanas, tidas como inaceitáveis e insustentáveis do ponto de vista económico, social e ambiental (DGOTDU, 2011; Madureira, 2005; Stremke, 2012).

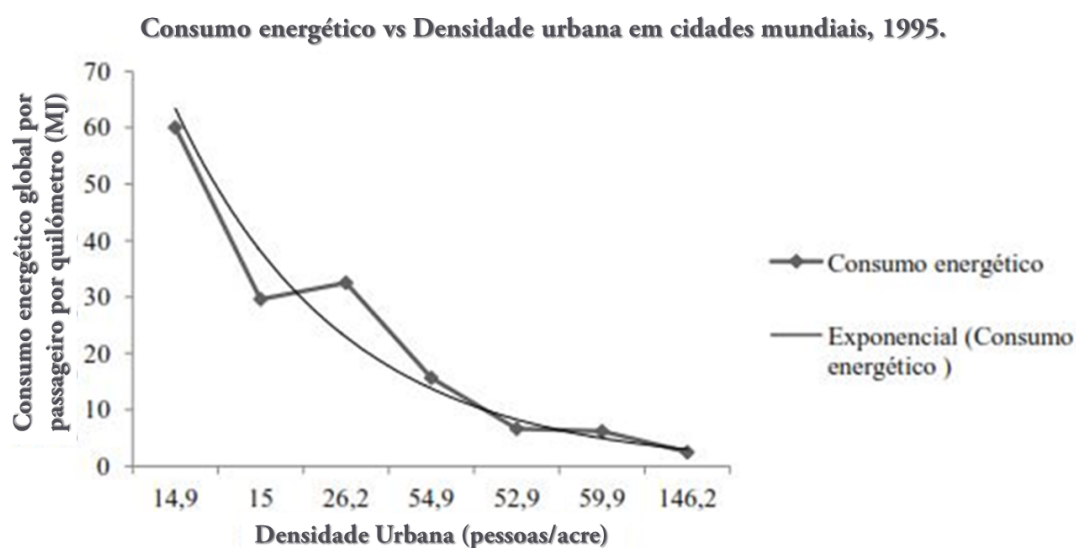
### Consumos Energéticos dos Modelos de Ocupação

Os modelos de ocupação, devido às suas especificidades, veem os seus padrões de consumos de energias alterados. Considerando os dois principais tipos de modelo de ocupação urbana, cidade compacta e cidade dispersa, verificam-se importantes diferenças nos padrões de consumo de energia (Doherty *et al.*, 2009).

O modelo de cidade compacta, ao contrário do que acontece no modelo de ocupação dispersa, conduz a cenários energeticamente eficientes no campo (Doherty *et al.*, 2009):

- Dos transportes;
- Das infraestruturas de suporte;
- Do uso das edificações.

A redução do consumo de energia dos transportes   alcançada pela menor dimensão e quantidade de fluxos pendulares que ocorrem em espaços compactos, já que as distâncias a percorrer entre os demais locais do centro urbano são menores (Fig. 2.6).



**Figura 2.12 – Densidade vs consumo energético de transporte  
(Matos, 2012)**

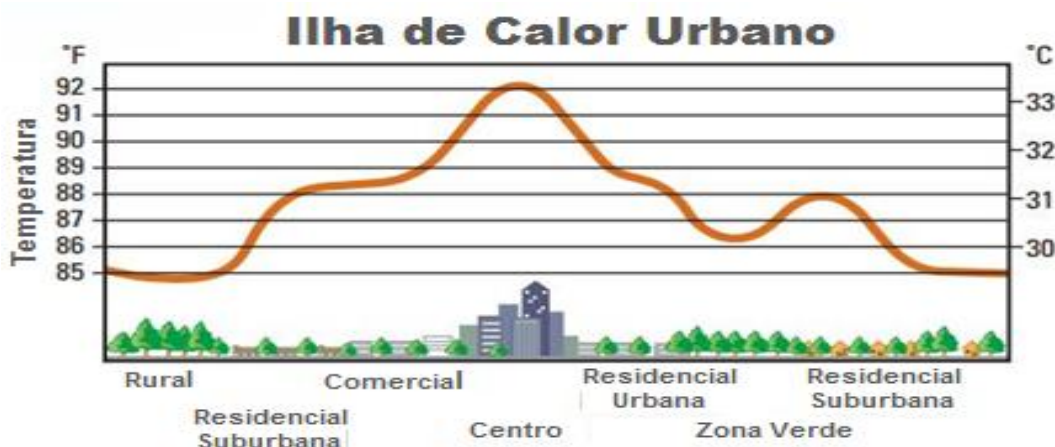
A diminuição da dimensão dos diversos sistemas de infraestruturas de apoio resulta na diminuição dos consumos de energia associados à construção, manutenção e operação das mesmas.

A densificação dos espaços urbanos provoca, igualmente, importantes alterações nos padrões de consumo de energia associados aos usos do parque edificado. Os consumos de energia encontram-se assim afetados (Doherty *et al.*, 2009):

- Pelos níveis mais elevados de sombreamento, resultando em inferiores condições térmicas e lumínicas;
- Pela utilização de formas urbanas mais agrupadas que conduzem a uma redução das trocas térmicas entre o ambiente interior e exterior;

- Pela alteração das condições microclimáticas do espaço urbano, uma vez que em espaços urbanos densos assiste-se à redução da dimensão dos espaços verdes urbanos, de que resulta uma inferior capacidade de regulação do microclima, acentuando o fenómeno Ilha de Calor Urbano.

O fenómeno Ilha de Calor Urbano é um fenómeno recorrente e apenas decorrente dos espaços urbanos, não se verificando em qualquer outro local (Fig.2.13). Este fenómeno é traduzido por um aumento de temperatura - especialmente no período noturno - dos espaços urbanos, sendo as suas principais causas são a elevada densidade dos espaços, a capacidade calorífica dos materiais de construção e uma diminuta estrutura verde urbana. A densificação dos espaços conduz a um aumento da população e das tarefas e atividades associadas à ocupação humana, resultando deste modo num aumento da energia envolvida nas diversas atividades e tarefas. Devido à capacidade calorífica dos materiais de construção, estes possuem uma capacidade superior de absorção e armazenamento de energia solar, absorvendo a energia durante o dia e libertando-a durante a noite. Devido a pressões de caráter político e económico, os espaços verdes, muitas vezes, veem a sua inclusão no espaço urbano descartada em prol de uma utilização mais intensiva do solo. Deste modo, não se torna possível potenciar todas as vantagens energéticas associadas ao processo de evapotranspiração dos espaços verdes. Para que este processo de evaporação ocorra é necessário a introdução de energia no sistema - processo endotérmico - de forma a alterar o estado físico das moléculas de água. Como resultado, a vegetação utiliza a energia do sistema envolvente, resultando na diminuição da temperatura do meio exterior (Doherty *et al.*, 2009; Frumkin, 2002; Martins, 2010; Taha, 1997).



**Figura 2.13 – Ilha de Calor Urbano nos diversos tipos de ocupação do solo**  
([www.epa.gov](http://www.epa.gov))

De um modo geral, este fenómeno é benéfico no período de inverno e prejudicial no período de verão. Se no período de inverno, o aumento da temperatura nos centros urbanos conduz a uma diminuição das necessidades de aquecimento, no verão, as temperaturas mais altas conduzem a um aumento das necessidades de arrefecimento.

Vários estudos têm-se debruçado sobre os efeitos deste fenómeno, nomeadamente sobre a variação dos valores referentes às temperaturas dos locais. Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, em zonas urbanas com mais de 1 milhão de habitantes, as temperaturas poderão, durante o dia, aumentar entre 1 a 3°C, sendo que no período noturno este valor pode variar entre 7 a 12°C. No mesmo estudo, é igualmente referido as diferenças de temperaturas nas superfícies destes locais, chegando a ter variações de 10 a 15°C durante o período diurno e de 5 a 10°C durante o período noturno (USEPA, 2010).

Segundo outro estudo, realizado por Santamouris (2006), o autor afirma que em 2003, quando a Europa se viu confrontada com uma onda de calor durante o verão, Londres registou, em alguns

locais, um aumento de temperatura na ordem dos 9°C, quando comparado com as temperaturas exteriores registadas nas zonas periféricas da cidade (Santamouris, 2006).

De acordo com Santamouris (2006), e num outro estudo realizado na mesma cidade, verificou-se que o aumento das necessidades de arrefecimento durante o verão pesavam mais na fatura energética que a diminuição das necessidades de aquecimento durante o inverno. Mais especificamente, no caso de Londres, foi constatado que a cidade apresentava um aumento de 25% das necessidades de arrefecimento, quando comparado com o meio rural envolvente, enquanto as necessidades de aquecimento durante o inverno viam os seus valores reduzirem em 22%.

Outro estudo, realizado por Hirano e Fujita (2012), concluiu que, apesar do aumento da temperatura nos centros urbanos devido a este fenómeno, o mesmo possuía uma influência positiva no consumo anual de energia. O estudo foi realizado na cidade de Tóquio, na qual se verificou que apesar de se registar um aumento das necessidades de arrefecimento durante o verão, assistia-se ao inverso durante a estação de aquecimento. O valor referente a esta diminuição do consumo de energia situava-se na ordem dos 3,7%. O mesmo estudo concluiu que, embora o presente fenómeno se constituísse como uma influência positiva nos consumos nesta região, em localizações de menor latitude o fenómeno em epígrafe poderia alterar os valores de consumo de modo significativo, aumentando-os. Deste modo, o presente fenómeno teria um impacto negativo na fatura energética da localidade.

Tendo sido já enunciadas as principais características energéticas associadas ao aumento da densidade dos espaços urbanos, o quadro seguinte sintetiza e inclui mais alguns aspetos relevantes relacionados com a alteração dos consumos de energia devido ao aumento da densidade em ambientes urbanos.



**Quadro 2.2 – Vantagens e desvantagens energéticas do modelo de ocupação compacta (Hui, 2001)**

<b>Aspetos Positivos</b>	<b>Aspetos Negativos</b>
<b>TRANSPORTE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promove a utilização de transporte público e reduz a necessidade e o tamanho das viagens do transporte individual, reduzindo o consumo de energia</li> <li>• Reduz a dimensão das infraestruturas relacionadas com o fornecimento de água e esgotos, diminuindo a energia necessária ao seu correto funcionamento</li> </ul>	<b>TRANSPORTE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Congestão nas áreas urbanas aumenta os consumos de energia dos automóveis</li> <li>• Em edifícios com muitos pisos há a necessidade de transportar as pessoas através de equipamentos eletromecânicos, aumentando assim a energia necessária relativa ao transporte dos residentes</li> </ul>
<b>DESEMPENHO TÉRMICO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Edifícios agrupados de vários pisos reduzem a área relativa às fachadas exteriores, minorando as perdas de energia pelas mesmas</li> <li>• Sombreamento das edificações permite uma redução do excesso de energia durante o período do Verão</li> </ul>	<b>ILHA DE CALOR URBANO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A energia libertada pode ficar “presa” no meio urbano, aumentando a necessidade de ventilar e assim aumentar a necessidade de energia</li> <li>• A possibilidade de se obter iluminação natural em ambientes de densidade superiores é baixa. Assim, é necessária a utilização de luz elétrica, aumentando a fatura energética</li> </ul>
<b>VENTILAÇÃO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uma correta disposição de edifícios de elevada densidade permite obter caminhos de ventilação benéficos em alturas de maiores temperaturas</li> </ul>	<b>VENTILAÇÃO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uma concentração de edifícios de elevada altura e largura podem impedir a correta ventilação dos centros urbanos</li> </ul>

O aumento da densidade nos espaços urbanos deve ser bem equacionado por todos os atores intervenientes nos processos de decisão, uma vez que lhe estão associados vantagens e desvantagens, nomeadamente no capítulo energético. A determinação de uma densidade ótima, que conduza a uma elevada eficiência energética do sistema urbano, deve ser um dos parâmetros prementes no momento de definição das densidades durante o processo de planeamento.

## 2.4 Desempenho Energético das Cidades

A alteração dos padrões de desenvolvimento tecnológico e económico - que se tem vindo a verificar desde a Revolução Industrial - conduziu a importantes alterações nos padrões de ocupação e usos do solo, alterando deste modo os padrões de vivência do Homem. Devido às mudanças registadas nos padrões de vida do Homem, as edificações têm tido uma crescente utilização ao longo do último século, esperando-se que o mesmo cenário se venha a verificar no decorrer do próximo século. De facto, os dados estatísticos sobre a taxa de urbanização corroboram a mudança operada dos padrões de vivência, à qual está associada um aumento da taxa de urbanização, que passará de 51% em 2010 para 61% em 2035. Estas alterações, quando combinadas com a mudança dos processos produtivos e com o aumento gradual da população mundial, resultaram num aumento do consumo de energia do parque edificado, sendo

este setor responsável pelo consumo de 40% da energia primária consumida em todo o mundo (IEA, 2008; Rogers, 1998; UNEP, 2009).

A mudança operada na alteração dos padrões de ocupação e usos do solo, conduziu a que se tivesse assistido a um aumento da população dos centros urbanos, levando a que cerca de 54% da população do planeta viva atualmente em cidades. Em 1950, a população dos centros urbanos não ultrapassava os 746 milhões, representando 30% do total mundial, tendo alcançado os 3,9 mil milhões em 2014. A Organização das Nações Unidas estima que, em 2030, cerca de 60% dos habitantes na Terra se encontrem a viver em zonas urbanas - equivalente à população mundial em 1986 -, apesar dos centros urbanos apenas representarem 2% da área terrestre. Em 2050, a mesma entidade estima que cerca de 66% da população mundial viva em centros urbanos (IEA, 2008; Madlener, 2011; NU, 2012; UN, 2014).

O aumento da população urbana e a aquisição de novos hábitos de consumo de energia nos centros urbanos têm levado a um aumento significativo de consumo de energia nas cidades representando - dados de 2006 - dois terços da energia consumida em todo o mundo. Segundo as projeções realizadas pela Agência Internacional de Energia (2008), o consumo nas áreas urbanas poderá atingir, em 2030, 73% do consumo total de energia. Os países em desenvolvimento serão os principais responsáveis por este aumento da quota-parte do consumo de energia das cidades, totalizando 81% do aumento global das necessidades energéticas das cidades no futuro. A maior parte deste consumo terá como fontes de energia primária o petróleo e o carvão, seguido do gás natural e da energia nuclear. As projeções realizadas pela Agência Internacional de Energia (2008) acentuam ainda mais a quota-parte das energias não renováveis no correspondente consumo total de energia. (IEA, 2008).

**Quadro 2.3 – Consumo de energia nas cidades por fonte de energia (IEA, 2008)**

	2006		2030	
	Mtep	% cidades	Mtep	% cidades
Carvão	2330	76%	3964	81%
Petróleo	2519	63%	3394	66%
Gás	1984	82%	3176	87%
Nuclear	551	76%	726	81%
Hídrica	195	75%	330	79%
Biomassa e Resíduos	280	24%	520	31%
Outras Renováveis	58	72%	264	75%
<b>Total</b>	<b>7908</b>	<b>67%</b>	<b>12374</b>	<b>73%</b>
Eletricidade	1019	76%	1912	79%

Conforme mencionado anteriormente, grande parte da energia é consumida por atividades e tarefas localizadas nos centros urbanos. Uma vez que a maior parte da energia consumida é proveniente dos combustíveis fósseis, é de salientar que as cidades são, igualmente, responsáveis pela emissão de grande parte dos gases com efeito estufa para atmosfera terrestre. Concretizando, as cidades, em 2006, foram responsáveis pela libertação de 19,8 Gt, representando cerca de 71% do total de emissões destes gases. Em 2030, este valor poderá atingir o valor de 76% das emissões totais de gases com efeito estufa (IEA, 2008).

Do aumento da população mundial, da taxa de urbanização e de um modelo de ocupação ineficiente é possível concluir que cada vez mais as cidades têm um papel relevante na alteração dos comportamentos de consumo e produção de energia. O contínuo aumento da taxa de urbanização obriga a reconhecer que grande parte das políticas de combate às alterações dos

padrões energéticos tem de começar e passar pelas cidades, devendo a estas ser atribuído o papel de principal impulsionador das alterações em epígrafe.

## **2.5 Planeamento Urbano Sustentável**

### **2.5.1 Enquadramento**

#### **2.5.1.1 Conceito e Evolução do Planeamento**

##### **Conceito**

A definição da palavra planear apresenta diversas dificuldades e ambiguidades, acentuadas pelo facto de a mesma poder ser aplicada para todo o tipo de atividades e pelo facto de que todos os atores, que têm como função planear algo, rejeitam a ideia de não conhecerem a extensão e definição do conceito, já que, afinal, é sobre esse conceito que exercem a sua atividade (Hall, 2002).

O conceito planear varia igualmente de acordo com a finalidade do conjunto de atividades em questão. Por exemplo, planear uma atividade económica de modo a que seja possível distribuir riqueza e evitar recessões económicas possui uma natureza diferente daquela que pretende tornar realidade a construção de objetos físicos como veículos motorizados e edifícios. A realidade é que nenhuma sociedade providência bens e serviços sem que se encontre subjacente a essa atividade um modelo de planeamento que concretize na prática a elaboração dos mesmos (Hall, 2002).

De um modo geral, a definição do conceito planear pode ser entendida como um conjunto ordenado e sequencial de ações - ao longo de um espaço temporal - que conduzem à concretização de um ou mais objetivos. O planeamento é então uma atividade organizada, concebida para desenvolver a melhor estratégia de forma a alcançar um determinado grupo de objetivos. A sua execução assenta na utilização de métodos de decisão racional como forma de determinação de ações apropriadas e pensadas para resolver os problemas, tomando em consideração os poderes e as competências existentes, assim como os recursos disponíveis que possibilitem o concretizar das ações a desenvolver (Amado, 2008; Hall, 2002). Neste sentido, Faludi (1973, p.1) afirma que “O planeamento é a aplicação do método científico - por mais rudimentar que seja - à ação política.” e Davidoff e Reiner (1962, p.103) afirmam que “o planeamento é um processo de determinar ações futuras através de uma sequência de decisões.”.

Deste modo, o planeamento urbano é um dos ramos constituintes da atividade planear, caracterizada por incorporar a componente geográfica, a qual tem como principal objetivo o assegurar uma adequada estrutura espacial para as atividades do Homem no sistema de suporte natural. De facto, esta atividade pretende assegurar uma organização espacial pensada e estruturada que conduza a um acentuado aumento dos padrões de qualidade do espaço urbano, quando comparados com a espontânea organização e estruturação espacial do território.

##### **Evolução do Planeamento**

Nenhuma forma de origem antropogénica surge ou se localiza por um acaso. De facto, a distribuição espacial de elementos antropogénicos é resultado de decisões pensadas e planeadas. As razões para a escolha das diferentes localizações são variadas, visando sempre algum objetivo, seja ele a maximização dos lucros dos produtores, a otimização da utilização dos recursos naturais e humanos, a definição das melhores estratégias militares, o aproveitamento de agentes bioclimáticos, entre outros (Reigado, 2000 citado por Papudo, 2007).

Até ao Século XIX, a organização e a estrutura espacial das cidades eram então determinadas por razões comerciais, religiosas, bioclimáticas e de defesa. A Revolução Industrial iniciou igualmente um processo de revolução na organização do espaço no seio das grandes urbes. A

transformação dos processos industriais, sociais e económicos originou um fluxo de êxodo populacional dos aglomerados rurais em direção às cidades, onde as oportunidades económicas se revestiam de maior valor e de maior dimensão. Durante o período inicial da Revolução Industrial a principal transformação do território assentou na fixação das indústrias nos limiares da cidade e no desenvolvimento - próximo do local de implantação das indústrias - de habitações para acomodar os operários e suas respectivas famílias. Características como elevadas densidades, poluição ambiental e menores condições de vida compunham o cenário criado por este período. Este cenário, conjugado com o avanço tecnológico registado no setor dos transportes e da eletricidade, acabou por resultar no abandono dos centros urbanos e na fixação de faixas de população com maiores rendimentos na periferia dos centros urbanos, conduzindo à construção de formas urbanas de baixa densidade em território rural. A conjugação das fracas condições de salubridade dos bairros operários e a adoção de um modelo de dispersão das formas urbanas acabou por se constituir como o elemento catalisador do desenvolvimento de novos processos que permitissem a correta conjugação entre o Homem e a Natureza. O processo de planeamento emerge por esta altura, época na qual surge a escola de planeamento clássico na qual pontificava a crescente preocupação pela integração do sistema de suporte natural no processo de planeamento físico (Amado, 2008; Partidário, 2002).

A escola clássica surge no início do século XX e apresentava um modelo assente no levantamento e análise de dados e na formulação de um plano. A primeira etapa consistia na recolha de dados, sendo particularmente inovador dada a sua abrangência, já que a mesma incluía dados relativos à observação da paisagem ambiental que compunha a realidade física do território. A análise de dados consistia na avaliação dos dados recolhidos e encontrava-se sustentada numa avaliação empírica do território, uma vez que, após a observação da paisagem apresentada pelo território, se deveria determinar, de forma empírica, que fenómenos concorriam para a expressão física apresentada pela paisagem, acentuando a falta de rigor científico do processo operativo. Na última etapa era desenvolvido o plano sob forma de plantas esquemáticas detalhadas, o qual se baseava na alteração dos parâmetros físicos do território existente. Contudo, um conjunto de críticas foi apontado a este modelo, entre as quais se destacam (Faludi, 1987; Taylor, 1998):

- A tecnocracia sobre a qual o modelo assentava, dado que a equipa projetista apenas era composta por elementos associados às áreas da engenharia e arquitetura, não se encontrando o processo aberto à participação da sociedade civil;
- O processo de recolha de dados era pouco rigoroso, já que cabia à equipa de projetistas definir quais e qual a dimensão dos dados a levantar, baseando deste modo a sua decisão em juízos de valor, os quais variavam de equipa para equipa;
- O levantamento de dados não contemplava aspetos socioeconómicos, o que tornava a etapa num processo por demais redutor;
- O modelo de planeamento não apresentava uma etapa de implementação e monitorização dos planos desenvolvidos, impossibilitando a definição de como se deveriam ser implementados no terreno os planos e a posterior avaliação dos mesmos;
- O processo operativo deste modelo entendia que a realidade física do território se subjugava e adaptava ao plano adotado, quando era precisamente o oposto que ocorria na realidade.

No final do processo de implementação do plano era esperado que todas as partes constituintes do território se encontrassem em equilíbrio, algo que se veio a constatar profundamente desfasado da realidade apresentada pelo mesmo. Deste modo, e embora a escola de planeamento clássico tenha sido pioneira na área do planeamento e na integração do sistema de suporte físico natural no seu processo, a mesma foi sendo gradualmente colocada de parte ao longo do século XX - especialmente no período pós-segunda grande guerra- devido precisamente ao desfasamento apresentado entre a realidade física do território e o plano desenvolvido. É então neste período que se assiste à explosão do modelo de ocupação dispersa e onde se assiste à emergência de uma nova escola de planeamento, a escola de Chicago. A escola de Chicago

advogava um processo de planeamento baseado numa metodologia concreta, assente no rigor científico da mesma e na integração de aspetos relacionados com as novas dinâmicas socioeconómicas, contrariando deste modo a abordagem vigente no início do século XX. O rigor científico no levantamento - exaustivo - e tratamento de dados passa a ser considerado como condição primordial na escola de planeamento contemporâneo, rigor esse que, contudo, se traduzia apenas na imagem formal apresentada pelo território num passado próximo, não considerado deste modo a sua evolução e as respetivas alterações que ocorreriam durante e após o processo de transformação física do território, resultando assim na realização de um plano normativo detalhado - nomeadamente na classificação e usos do solo - que raramente se encontrava adaptado à evolução do próprio território. Nesta nova abordagem, foram adicionadas as etapas relativas à implementação e monitorização do plano formulando, inexistentes na escola de planeamento clássico. A esta nova abordagem aos processos de planeamento denominou-se de Planeamento Racional, a qual, enquanto abordagem de planeamento, apostava numa estrutura sequencial e rígida de ações e num percurso orientado pela resolução dos problemas advindos de desequilíbrios decorrentes da utilização do território (Faludi, 1987; Hall, 2002; Partidário, 2002).

Na década de 60 surge uma outra abordagem, pretendendo constituir-se como alternativa à escola que preconizava a abordagem racional. Esta abordagem era denominada de sistémica e surgiu da necessidade de considerar as inter-relações entre as diversas atividades e o caráter dinâmico dessas mesmas relações. Deste modo, a alteração de qualquer uma das partes constituintes da realidade territorial teria, devido às suas relações de dependência, um impacto nas restantes. A escola sistémica advogava então que, para se proceder a uma correta transformação do território, era necessário conhecer e compreender o seu sistema constituinte como um todo. Devido à complexidade destas relações, e à quantidade de informação necessária para as caracterizar, foi necessário recorrer a ferramentas computacionais que possibilitassem a análise, a modelação e a simulação do comportamento dos sistemas territoriais e urbanos numa grande diversidade de condições. Contudo, este modelo não trouxe grandes inovações em relação ao modelo racionalista, sendo o seu método semelhante ao registado no modelo racional. Outra grande desvantagem residia no facto de ser necessário recolher grandes quantidades de informação, em grande parte não disponíveis em tempo útil, o que veio refrear a esperança decorrente da inovação tecnológica integrada neste modelo (Partidário, 2002).

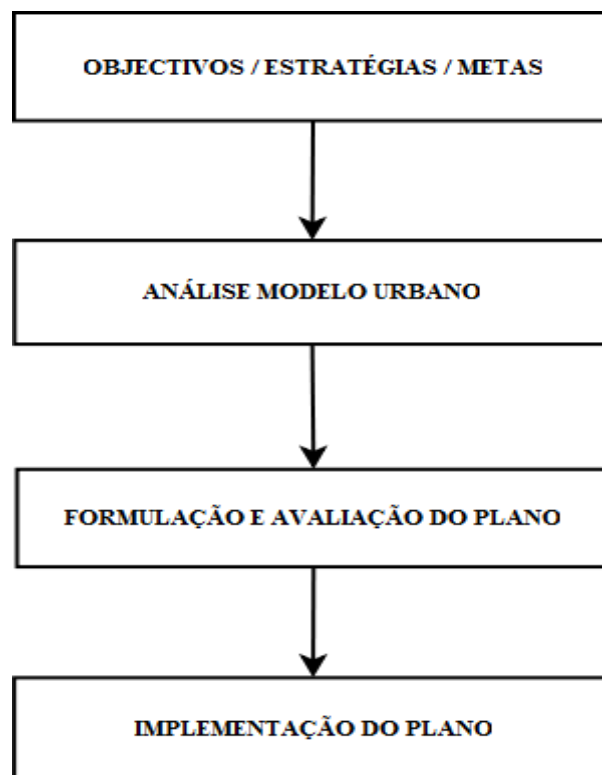
Em 1963 é integrada uma nova abordagem nos modelos de planeamento do território, a abordagem estratégica. Este modelo de planeamento tem origem na prática militar, mas é a sua utilização como instrumento analítico e decisório no setor comercial que conduz à sua posterior aplicação na gestão da administração pública, sendo apenas aplicado ao planeamento das cidades no final da década de 80 do século passado. As dinâmicas socioeconómicas empresariais são transpostas para a realidade do planeamento, onde o território é visto como uma estrutura que produz bens e serviços e no qual o território se vê obrigado a competir com outros territórios nos "mercados" internacionais. Devido às permanentes mudanças registadas nas dinâmicas socioeconómicas - utilizando o conceito desenvolvido pela escola sistémica - nas mais diversas escalas, esta escola preconizava o planeamento como um modelo cíclico, de contínua interação e incerteza, mais flexível e adaptativo a situações de conflito, apelando a elevados padrões de participação da sociedade civil e descentralizando deste modo o poder das tomadas de decisão e onde essas tomadas de decisão se sustentavam na visão idealizada para o território, ao contrário do que ocorria na abordagem racional, na qual a mesma orientava o seu percurso na resolução de problemas. O levantamento de dados era igualmente divergente nas duas escolas. Enquanto a escola racional considerava fundamental o exaustivo levantamento de todos os dados, a escola da abordagem estratégica considerava que só se deveriam levantar os dados relativos à concretização da visão prevista para o território. O resultado final deste novo modelo de planeamento não consistia assim numa visão idealizada e prevista para o território em forma de um plano espacial, mas sim num conjunto de orientações - escritas - que influenciavam o desenvolvimento do território e que seriam monitorizadas ao longo do processo de implementação, com o intuito de avaliar permanentemente as suas consequências no

território, podendo deste modo adaptar, redefinir e até conjugar diversas alternativas às novas condicionantes apresentadas pelo mesmo. Esta nova abordagem constituía a primeira e principal real alternativa à abordagem racional (Hall, 2002; Partidário, 2002; Simplício, 2000).

Ambos os modelos, racionalista e estratégico, continuam a ser os grandes modelos de planeamento. No entanto, quanto maior for a operacionalidade físico-espacial do sistema de planeamento, maior será a racionalidade a si associada. Deste modo, o planeamento caracteriza-se por ser uma combinação destas duas escolas, produzindo soluções de planeamento bastante diversas, as quais caracterizam os modelos de planeamento de cada país (Partidário, 2002).

### 2.5.1.2 Processo de Planeamento

Embora exista uma diversidade de modelos de planeamento, consoante as escolas consideradas, os mesmos podem ser descritos como tendo uma estrutura similar. Essa estrutura apenas tem variações em determinadas sub-etapas (Fig.2.14), mas a sua metodologia no geral é sustentada no processo operativo descrito por Peter Hall (2002).



**Figura 2.14 – Metodologia do Planeamento  
(Hall, 2002)**

A primeira etapa consiste na formulação dos diferentes objetivos, os quais guiarão todo o processo até ao final do mesmo. Posteriormente, procede-se à construção de estratégias preliminares que visem alcançar os objetivos definidos, constituindo-se como o veículo capaz de concretizar os mesmos. O final da primeira etapa é constituído pela definição de metas de desempenho durante um espaço temporal, ou seja, é quantificado o desempenho esperado e qual o espaço temporal necessário para alcançar esse mesmo desempenho.

A segunda etapa é constituída pela análise aos diversos sistemas que compõem o modelo urbano a estudar. Deste modo, deve ser construído um modelo que represente o território urbano em questão. É neste ponto que se centram algumas questões, nomeadamente que dados devem ser incorporados no modelo e qual o tipo de modelo a ser implementado para posterior análise. A

informação relativa à construção do modelo deve ser tal que garanta uma representação fiel do atual modelo urbano implantado no território. O tipo de modelo verá assim a sua definição dependente da estrutura adotada pela equipa projetista e pela quantidade de dados disponível para formular esse mesmo modelo. Os atuais modelos podem ser determinísticos ou probabilísticos e estáticos ou dinâmicos. A diferença entre os modelos está na sua amplitude. Enquanto o modelo determinístico apresenta como principal vantagem a não inclusão de variáveis aleatórias, onde uma mesma informação de entrada reproduzirá sempre a mesma informação de saída, o modelo probabilístico, por sua vez, tem em consideração a integração do conceito probabilidade como parte integrante da informação a analisar. Por sua vez, o modelo estático, muito usual hoje em dia nos processos de planeamento, formula um modelo através de dados atuais, prevendo uma formulação futura para um espaço temporal previamente definido, enquanto o modelo dinâmico pretende agregar todos os dados que permitam verificar a sua alteração ao longo de todo o processo de transformação do território. Posteriormente, é necessário definir que informação deve ser recolhida, analisada e alterada de modo a que o modelo seja efetivamente estudado, já que se nenhuma informação se encontrar passível de alteração, o modelo em questão não mais será um modelo de planeamento, mas sim um modelo de previsão e projeção de uma realidade futura. É de salientar que, de facto, os modelos determinísticos e estáticos se encontram desfasados da realidade territorial, os quais têm vindo a ser progressivamente substituídos pelos seus modelos oponentes devido precisamente à precisão dos seus resultados e ao aumento da capacidade de computação de informação por parte dos atuais sistemas informáticos.

A etapa de formulação e avaliação do plano consiste primariamente na definição de um plano para o território e sua posterior avaliação. Para a definição do plano deve ser determinado que informação deve ser introduzida e integrada no sistema de decisão, sendo esta informação o cerne da formulação do plano, o qual concorrerá na concretização dos objetivos inicialmente definidos na primeira etapa. Posteriormente, os modelos de planeamento contêm sistemas de avaliação dos próprios planos desenvolvidos e formulados. Estes sistemas de avaliação consistem na decisão a tomar sobre todas as alternativas encontradas para resolver as disfunções apresentadas pelo território. O sistema de avaliação mais conhecido baseia a sua tomada de decisão numa análise custo-benefício. Este sistema traduz todas as informações relevantes ao planeamento em termos numéricos, comparando posteriormente todos os valores associados às diversas alternativas encontradas. Contudo, este sistema tem sido cada vez mais desconsiderado, uma vez que se torna de difícil exequibilidade a definição de valores numéricos que caracterizem fenómenos de índole social. Um outro método, construído por Nathaniel Liechfield a partir do modelo de custo-benefício, começou a ser gradualmente considerado. Este modelo não avaliava apenas os impactos monetários do seu modelo de origem, avaliando de igual modo variáveis sociais que não se sujeitavam a uma relação direta com os termos numéricos. De modo a afastar a componente económica dos sistemas de avaliação dos processos de planeamento, foi desenvolvido um novo método de avaliação por Morris Hill. Este centrava-se na ponderação dos objetivos definidos na etapa inicial e na sua posterior avaliação consoante os pesos obtidos. Contudo, o modelo defendido por Morris Hill advoga que essa ponderação terá de ser executada tendo em conta os diferentes valores dos vários grupos que constituem a sociedade civil. Só após a consulta à sociedade civil é que serão definidos os vários pesos a atribuir aos diversos objetivos e portanto só após a composição deste cenário será possível realizar a ponderação de todas as propostas. Deste modo, as propostas são desenvolvidas e modeladas até ao mesmo nível de execução onde posteriormente são avaliadas segundo procedimentos e critérios de avaliação similares. A formulação da proposta final poderá ser a que corresponde a uma solução ótima ou melhor, ou então correspondente à conjugação de diversas soluções.

A quarta etapa consiste na implementação, no terreno, do plano desenvolvido. Esta fase deve incluir um sistema de monitorização das medidas implementadas no terreno. O sistema de monitorização visa verificar a resposta do sistema urbano às medidas desenvolvidas para controlar o mesmo. Através deste sistema é possível determinar se são necessárias medidas

corretivas para que o sistema real urbano se adapte às medidas tomadas ou se será necessário remodelar o plano implementado por forma a colmatar a divergência verificada entre o mundo real e o plano teórico desenvolvido, ou ainda considerar a conjugação das duas situações anteriormente enunciadas. A divergência verificada pode dever-se a três situações: o conhecimento das condições exteriores às tomadas de decisão pode alterar-se, as complexas inter-relações do sistema urbano real podem não ter sido suficientemente modeladas nas etapas anteriores do presente processo e os valores pelos quais se regia o processo de planeamento podem-se alterar ao longo do espaço temporal referente à execução do mesmo. Devido à complexidade dos sistemas reais, um sistema de monitorização contínuo é preponderante no aumento da eficiência das medidas e dos sistemas de planeamento implementados no território.

## **2.5.2 Necessidade de um Modelo de Desenvolvimento Sustentável**

O conceito de desenvolvimento sustentável é estabelecido e desenvolvido a partir da década de 70 do século passado. Este conceito surge da consciencialização do impacto que as diversas atividades e ações do Homem têm no meio ambiente. Fatores como o crescimento mundial da população, o excessivo consumo dos diversos recursos naturais e a deposição de resíduos levaram a que se verificasse que a capacidade de carga do meio ambiente tinha sido ultrapassada. Foi possível observar este cenário através da reação gerada pelo planeta às ações provocadas pelo Homem, quer seja através da alteração do clima, quer seja pela menor disponibilidade dos recursos naturais.

O primeiro período de preocupação ambiental surge durante a primeira metade do século XX, o qual se caracterizava pela preocupação em assegurar uma utilização não conflituosa de alguns recursos naturais (Pinheiro, 2006).

Em Junho de 1972, realizou-se em Estocolmo, sob a égide das Nações Unidas, a primeira Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano, na qual pela primeira vez os organismos institucionais se debruçaram sobre a relação entre o ambiente e o crescimento económico. No mesmo ano é lançado o livro “Os Limites do Crescimento”, preparado e redigido pelo Clube de Roma - organização não-governamental - e no qual se questiona a capacidade do ambiente suportar, a médio e longo prazo, a crescente pressão demográfica. De acordo com os cálculos realizados através de simulação por computador, foi possível determinar que o atual crescimento, a manter-se, provocaria no futuro graves crises ambientais. A solução proposta por esta organização não-governamental passava então pela redução da pressão demográfica e por repensar as estruturas que constituem o cerne do processo de produção industrial (Pinheiro, 2006).

Contudo, à época, a perceção dos problemas ambientais era essencialmente de âmbito restrito. Por exemplo, os danos ambientais eram facilmente atribuíveis a uma série de fatores localizados, tais como a uma chaminé, à descarga de um efluente líquido ou à deposição de resíduos. Deste modo, a resolução destes problemas passava pela implementação de medidas apenas no fim do processo de produção industrial, isto é, no caso dos resíduos gerados e das descargas dos efluentes, as medidas visavam apenas o seu encaminhamento e tratamento dos mesmos. A resolução destes problemas apenas visava a construção de soluções no final do processo produtivo, sendo denominadas como soluções fim de linha (Pinheiro, 2006).

Durante os anos 80 do século XX, e com a perceção crescente de que os problemas possuíam um carácter global, como por exemplo a degradação da camada de ozono e a ocorrência de chuvas ácidas, as questões ambientais passaram a ser vistas por um espectro mais global, especialmente no que concerne à dimensão da sua repercussão no planeta (Pinheiro, 2006).

Como resposta a esta nova visão sobre a problemática da falta de capacidade dos sistemas de suporte ambiental perante a pressão exercida pelo Homem, em 1987, é divulgado o relatório de Brundtland pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - “O Nosso



Futuro Comum” - onde é apresentada a definição de *Desenvolvimento Sustentável* mundialmente difundida (WCED, 1987):

“...desenvolvimento sustentável vai ao encontro das necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade de desenvolvimento próprio das gerações futuras.”

Este relatório continha informações colhidas pela comissão ao longo de três anos de pesquisa e análise, destacando-se as questões de dimensão ambiental e social, principalmente no que se refere ao uso do solo e sua ocupação, à escassez de água e à administração do crescimento urbano (WCED, 1987).

Apesar do caráter vago que este relatório encerrava em si, nomeadamente por não definir quais eram as necessidades específicas no presente e no futuro, o relatório de Brundtland chamava a atenção do mundo para a necessidade de se encontrarem novas formas de crescimento económico, sem com isso alterar a capacidade de carga do ambiente (Barbosa, 2008).

Passados 20 anos sobre a Conferência de Estocolmo, realiza-se, em 1992, no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento. Nesta conferência, o ambiente passa a ser uma peça importante e intrínseca do conceito *Desenvolvimento Sustentável*. Como resultado desta conferência, os 178 países adotaram os seguintes instrumentos de integração do conceito desenvolvimento sustentável nas práticas e políticas nacionais: Agenda 21, a Declaração do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento, a Declaração de Princípios de Usos das Florestas e a Convenção Quadro sobre as Alterações Climáticas (Pinheiro, 2006).

É por esta altura que se adquire a consciência coletiva de que as preocupações ambientais não deviam passar pelo controlo da poluição, mas sim pela sua prevenção. Deste modo, as estratégias adotadas deveriam passar pela redução da poluição na fonte através da utilização de soluções técnicas inovadoras, ou mesmo através de alterações no próprio processo produtivo (Pinheiro, 2006).

Contudo, a alteração dos processos produtivos não se afigurava tarefa concretizável, já que uma alteração dos processos produtivos implicava custos económicos elevados no seu processo de transformação. De facto, um dos principais objetivos da conferência foi, desde a sua preparação, procurar formas e estabelecer plataformas de entendimento entre o desenvolvimento social e económico com a necessidade de preservação recursos naturais e das condições ambientais, corroborando deste modo as conclusões redigidas no relatório de Brundtland (Ferrão & Guerra, 2004).

O principal instrumento que permitia garantir a conciliação dos campos económico, ambiental e social, e que, por outro lado, conduzisse a uma mudança de atitudes e a uma correta mediação de conflitos de interesses foi o documento denominado de Agenda 21, documento que envolvia um conjunto de 118 países. A aplicação do documento tinha como principal objetivo deixar um legado às gerações futuras de um mundo equilibrado, saudável e socialmente justo. A concretização da visão do documento só seria possível, por um lado, através de um planeamento estratégico que visasse alcançar um desenvolvimento sustentável, e por outro, através da participação efetiva de toda a sociedade civil, tendo premente que qualquer sucesso ou fracasso na aplicação do documento seria parcialmente de sua responsabilidade (Pinheiro, 2006).

Dez anos volvidos da Conferência do Rio, realizou-se na cidade de Joanesburgo, em 2002, a Cimeira Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável onde foi, por um lado, sublinhada a importância da procura por um desenvolvimento sustentável, e por outro, onde foi abordada a questão da globalização e o seu impacto em todo o ecossistema terrestre (Pinheiro, 2006).

A cimeira ressalvou o cumprimento dos objetivos da Agenda 21 e dos objetivos do milénio determinados na sessão especial das Nações Unidas, em 2000. De igual modo, foi fortalecido o conceito de desenvolvimento sustentável, no qual se incluíam a importância dos aspetos sociais, do ambiente e da utilização racional dos recursos naturais, assim como fora fortalecida a cooperação entre países, fomentando uma corrente coerente em prol de soluções que se comprometessem com as premissas do desenvolvimento sustentável definido pelo relatório de Brundtland (Pinheiro, 2006).

Como resultado, atualmente, assiste-se à profusão de definições do conceito *Sustentabilidade*, dos quais se citam os mais importantes:

“A sustentabilidade é uma responsabilidade partilhada. A cooperação e parceria entre diferentes níveis, organizações e interesses são elementos essenciais da ação em prol da sustentabilidade. A gestão sustentável é um processo de aprendizagem, no âmbito do qual aprender fazendo, partilha de experiências, ensino e formação profissional, trabalho multidisciplinar, parcerias e redes, consulta e participação da comunidade local, mecanismos educativos inovadores e aumento dos conhecimentos são elementos necessários” (CE, 1996, p.2).

“... pode ser visto como o conjunto de programas de desenvolvimento que vão de encontro à satisfação das necessidades humanas sem violar as capacidades de regeneração dos recursos a longo prazo, assim como os padrões de equidade social e qualidade ambiental” (Bartelmus, 1994, p.73).

"É compreendido como uma forma de mudança social que acrescenta aos tradicionais objetivos de desenvolvimento o objetivo da obtenção da sustentabilidade ecológica." (Lelé, 1991, p.610).

Assim, e segundo Ferrão e Guerra (2004), a sustentabilidade é vista como um processo em evolução, onde os investimentos económicos realizados, as opções de exploração e distribuição de recursos naturais e as consequentes alterações nas instituições têm carácter consistente com a preservação das condições ambientais e a satisfação das necessidades essenciais dentro de um quadro de equidade inter e intrageracional.

Outra interpretação a ser tida em conta é a de Gottdiener e Budd (2005, p.159), segundo os quais os princípios do desenvolvimento sustentável, a retirar do relatório de Brundtland, são os seguintes:

- Mudanças nos atuais modelos de crescimento económico, tecnológico, de produção e gestão, os quais têm impacto negativo sobre o meio ambiente e sobre a sua população;
- Garantia de emprego, alimento, energia, água potável e serviços sanitários a população;
- Controlo do crescimento populacional global;
- Proteção dos recursos naturais para as futuras gerações;
- Integração dos parâmetros económicos, ambientais e sociais nas tomadas de decisão no planeamento e nas políticas governamentais.

Importa igualmente ressalvar e salientar, para além da definição do conceito, as dimensões do mesmo. Segundo Ferrão e Guerra (2004), as mesmas devem interagir numa dinâmica de interdependências, onde qualquer alteração numa das mesmas acabará por ter repercussões nas restantes. Estas dimensões são enunciadas em seguida:

- a) **Dimensão institucional** – refere-se ao funcionamento e estrutura das instituições, entendidas quer na vertente de cariz estatal, quer na vertente de intervenção cívica da sociedade civil, quer na vertente do setor privado e das empresas;
- b) **Dimensão Económica** – alcançar o progresso económico sem pôr em causa, quer as condições de vida das populações, quer a capacidade dos recursos naturais. Deste modo, o desenvolvimento económico terá que se basear num uso racional e eficiente dos recursos naturais e simultaneamente manter as estruturas e capacidades sociais que possibilitem a atividade produtiva;
- c) **Dimensão Social** – a melhoria das condições sociais implica a generalização a toda a humanidade de patamares de bem-estar social e condições de vida dignos mas conciliáveis com a preservação dos recursos. Trata-se de promover a igualdade de oportunidades e uma distribuição mais equitativa dos recursos, do bem-estar e da qualidade de vida. O desenvolvimento social será tanto mais sustentável, quanto maior for o uso eficiente, equitativo e racional dos recursos. Deste modo, a mudança de comportamentos torna-se num dos principais objetivos a considerar;
- d) **Dimensão Ambiental** – refere-se à conservação da base de sustentação da vida no planeta e, consequentemente, da própria sociedade humana. Estão envolvidas, neste caso, a proteção ambiental, a preservação da biodiversidade, a limitação da poluição ambiental e a gestão equilibrada dos recursos renováveis e não renováveis. Devem ser ainda tidas em conta a capacidade de carga e de regeneração do planeta, sublinhando os limites que, a serem ultrapassados, poderão pôr em causa as possibilidades de desenvolvimento social e económico e, em última análise, a sobrevivência da própria humanidade.

Deste modo, as instituições devem fazer incidir o seu capital de atuação de modo a que se torne possível alcançar um modelo de desenvolvimento sustentável. Para que tal se suceda, será necessário considerar os três pilares fundamentais que constituem o cerne do novo modelo: ambiental, social e económico. Todos os três pilares devem ser considerados como elementos de um conjunto e integrantes do novo modelo de desenvolvimento, sendo assim necessário reconhecer que só é possível desenvolver um modelo sustentável quando os três pilares forem efetivamente considerados como um todo nas respostas e ações a tomar pelas instituições (Fig. 2.15). Caso qualquer um dos pilares não seja considerado, o cenário gerado resultará num modelo ineficiente e insustentável a longo prazo (Matos, 2008).



**Figura 2.15 –Pilares do Desenvolvimento Sustentável  
(Barbosa, 2008)**

Uma vez que a maior parte dos impactos exercidos pelo Homem no ambiente tem origem nos centros urbanos, o capital de atuação institucional deve iniciar-se por uma profunda alteração dos padrões de consumo e produção de energia ao nível dos espaços urbanos. Como resultado desta tomada de consciência, a Agenda 21 passou a ser , mais do que um processo de carácter global e nacional, um processo de âmbito local - adotando a designação de Agenda 21 Local -, tendo como força motriz a implementação dos pressupostos teóricos do conceito *Desenvolvimento Sustentável* ao nível da comunidade local, e, através desta, garantir a plena integração do conceito no seio das demais dinâmicas dos centros urbanos.

De facto, e segundo a Carta Europeia de Ordenamento do Território citada por Ferreira *et al.* (2004), a definição de políticas de ordenamento territorial deve ser sempre baseada - como já se encontrava descrito no documento Agenda 21 - na participação ativa das populações constituintes da comunidade local, sendo para tal indispensável que as mesmas sejam informadas de forma clara, simples e concisa. Esta visão foi posteriormente corroborada pelo Conselho de Europeu de Urbanistas (2003, p. 4) na sua Nova Carta de Atenas onde é referido que:

“na cidade coerente, serão desenvolvidos novos sistemas de representação e de participação maximizando o acesso mais fácil à informação por parte dos cidadãos e dos residentes, e facilitando o desenvolvimento de redes de cidadãos ativos, a fim de dar voz a todos os habitantes e utilizadores da cidade para que participem no futuro do seu ambiente urbano”.

A alteração dos processos, tarefas e atividades dos centros urbanos pode e deve iniciar-se com a aplicação de um planeamento responsáveis meios urbanos, tornando-se deste modo na principal resposta a dar a todas as práticas inadequadas dos mesmos, visando assim alcançar um desenvolvimento urbano sustentável.

Deste modo, o conceito *Desenvolvimento Sustentável* não mais pode ser um *slogan*, tem de ser uma realidade.

## **2.5.3 Planeamento Bioclimático como Elemento Integrante de um Modelo de Desenvolvimento Sustentável**

### **2.5.3.1 Origens e Evolução**

A arquitetura bioclimática tem como principal objetivo a adoção de formas urbanas adequadas aos agentes da Natureza e às condicionantes locais. A introdução de soluções construtivas e arquitetónicas, que permitam tirar o máximo partido da envolvente exterior, constitui-se como o elemento principal no aproveitamento dos agentes climáticos ao nível do parque edificado.

Contudo, muito antes da exploração estruturada e revestida de rigor científico dos agentes climáticos, já o Homem se via confrontado com a necessidade de adaptar os seus abrigos aos seus respetivos locais de implantação, utilizando para o efeito a arquitetura como instrumento primordial na adequação das formas ao meio ambiente exterior, da qual resulta um tipo de arquitetura sem arquitetos, a arquitetura vernacular.

Ora, a utilização da arquitetura vernacular tem o seu início desde que o Homem teve necessidade de construir estruturas que o abrigassem. À época, e devido à carência de tecnologias que maximizassem as condições de conforto através do consumo de recursos naturais, eram aplicadas medidas e estratégias simples, passivas e engenhosas, as quais passavam pelo cuidado com a orientação, geometria, forma e pelo emprego de materiais construtivos locais. O Homem, ao longo dos tempos, teve a perceção de que era necessário adequar-se ao meio ambiente envolvente, mesmo ainda sem conhecer nem dominar o conceito de energia térmica (Fernandes *et al.*, 2012).

Foram necessárias muitas gerações para que o Homem, por via empírica, desenvolvesse formas e processos de construção perfeitamente enquadrados com os diversos climas e com as diversas características geográficas de cada local. Durante milhares de anos, a arquitetura vernacular evoluiu em função das necessidades de cada população e as suas características foram sendo propagadas ao longo das demais gerações (Fernandes *et al.*, 2012).

A primeira época, onde o estudo empírico dos agentes climáticos possuiu papel preponderante na definição das formas das edificações, correspondeu ao Período Greco-Romano. Ambas as civilizações tinham em conta essencialmente o percurso solar, ao longo do dia e do ano, e a orientação dos ventos dominantes. Como resultado, a definição do traçado viário urbano, as formas edificadas, os materiais empregues na construção e a disposição interior dos espaços encontrava-se influenciada por estes elementos. A utilização de malhas ortogonais com ruas principais dispostas segundo um eixo este-oeste, a abertura de pórticos orientados a sul, a proteção da fachada, de menor desempenho energético, dos ventos predominantes através do emprego de materiais e espessuras apropriadas para o efeito, a colocação dos espaços de permanência segundo orientações que potenciassem o seu acesso solar direto, foram algumas das estratégias utilizadas por estas civilizações (Butti & Perlin, 1980).

A arquitetura do Período Islâmico apresentava, à época, um crescente interesse em determinar soluções ideais ecológicas para diferentes agentes climáticos, nas quais se incluem um correto sombreamento e uma eficiente ventilação e iluminação natural. De facto, os agentes climáticos determinavam as formas e orientação do bloco edificado. Contudo, devido à dimensão desta civilização e à correspondente variabilidade de locais e climas predominantes que a mesma englobava, as estratégias bioclimáticas divergiam consoante o local, originando soluções inovadoras e em que o único ponto comum entre os diversos locais consistia no respeito pelos princípios orientadores do processo de desenho das formas urbanas, neste caso o respeito por uma correta ventilação, sombreamento e iluminação ([http://www.cpas-egypt.com/pdf/Ahmed\\_Safwat/M.Sc/003%20%20%20%20%20CHAPTER1-b.pdf](http://www.cpas-egypt.com/pdf/Ahmed_Safwat/M.Sc/003%20%20%20%20%20CHAPTER1-b.pdf)).

Ao longo da Idade Média verificou-se um afastamento em relação às questões e preocupações bioclimáticas. A formulação das cidades e sua adaptação ao relevo - onde as fachadas se encontravam alinhadas com o traçado viário existente - impedia a correta orientação das formas urbanas à exposição solar. Deste modo, a principal preocupação centrava-se na iluminação natural no interior das edificações, nomeadamente naquelas que representavam locais devotos a entidades sagradas. Exemplo desta preocupação eram as formas e composição dos vãos encontrados nas catedrais góticas desse período ([http://www.cpas-egypt.com/pdf/Ahmed\\_Safwat/M.Sc/003%20%20%20%20%20CHAPTER1-b.pdf](http://www.cpas-egypt.com/pdf/Ahmed_Safwat/M.Sc/003%20%20%20%20%20CHAPTER1-b.pdf)).

O período relativo ao Renascimento marca uma viragem nas linhas orientadoras do estilo arquitetónico. Este novo estilo era marcado por uma excessiva preocupação e posterior procura por uma simetria total entre o bloco edificado, colocando de lado a preocupação pela orientação segundo o percurso solar apresentado pelas edificações. Deste modo, a definição do desenho urbano não tinha em consideração a procura por uma orientação ótima dos blocos como principal estratégia a ter em conta, mas antes revelava a preocupação pela procura de um sistema físico que apresentasse um conjunto de formas urbanas simétricas ([http://www.cpas-egypt.com/pdf/Ahmed\\_Safwat/M.Sc/003%20%20%20%20%20CHAPTER1-b.pdf](http://www.cpas-egypt.com/pdf/Ahmed_Safwat/M.Sc/003%20%20%20%20%20CHAPTER1-b.pdf)).

Contudo, nas comunidades rurais deste período, os conceitos da arquitetura vernacular continuavam a possuir especial relevo na estrutura e desenho das formas locais. Quando surge o período referente à Revolução Industrial, a arquitetura vernacular, que até então tinha evoluído de acordo com as necessidades das populações e com os ensinamentos do passado, viu a sua continuidade quebrada devido às importantes alterações associadas à exponencial evolução da tecnologia durante esse período. A crescente euforia em torno das novas soluções tecnológicas e o êxodo rural das populações resultou numa quebra acentuada com as tradições do passado. À

época, as possibilidades decorrentes desta revolução tecnológica eram vistas como uma base sólida para um futuro regado pela introdução destas novas tecnologias nos processos de produção e desenho das formas urbanas a edificar. Estas tinham, essencialmente, uma amplitude de índole energética, isto é, a revolução tecnológica vigente tinha como principal vantagem a possibilidade de se suprirem as menores condições de conforto através da utilização massiva de energia, iniciando-se deste modo um processo de desfasamento das formas urbanas em relação às condicionantes impostas pelo local onde estas se implantavam (Fernandes *et al.*, 2012).

À medida que se assistia a uma descaracterização da arquitetura vernacular dos centros urbanos devido à proliferação de materiais e técnicas de caráter geral e homogéneo, constatou-se que, apesar do avanço tecnológico, a maioria destas cidades apresentava carências ao nível das condições de vida. Deste modo, e como resposta natural aos ideais e problemáticas apresentadas pelas cidades pertencentes ao período da Revolução Industrial, surgiram diversos modelos de configuração urbana - Cidade-Jardim, Cidade Radiosa e *Broadacre City*. Estes modelos advogavam que as formas urbanas deveriam ser pensadas e desenhadas de acordo com três aspetos fundamentais: luz, ar e sol. Esta nova linha orientadora ia de encontro à utilização dos agentes climáticos em prol da satisfação das necessidades e do conforto interior. Contudo, o movimento, apesar de assentar sobre um ideal baseado na introdução da natureza no tecido urbano, não tinha em consideração que as exigências e condicionantes variavam consoante o local, continuando o processo de homogeneização das formas e técnicas de construção urbanas que deste modo prosseguiram com a acentuada descaracterização dos territórios locais, resultando num processo de continuado aumento dos consumos de energia (Cerqueira, 2005 citado por Fernandes *et al.*, 2012).

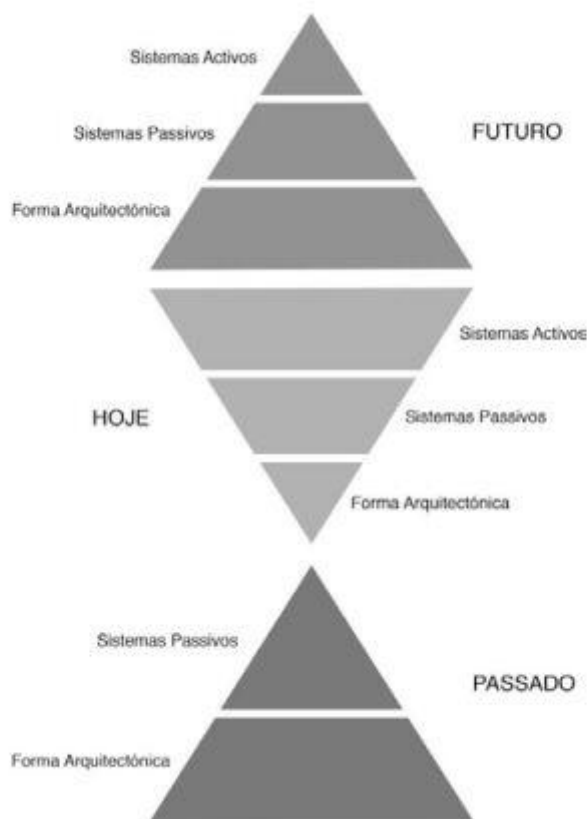
Para além do desenho das formas urbanas, também os materiais mereceram atenção na sua conceção e colocação nos edifícios. Deste modo, o vidro e outros materiais transparentes foram alguns dos materiais mais eficientes na aplicação de técnicas solares passivas. Assim, a sua massificação ocorre no final dos anos 30 e princípios dos anos 40 do Século XX. Estas técnicas começaram, gradualmente, a serem introduzidas na arquitetura residencial. Neste capítulo, importa referir os irmãos Keck de Chicago, responsáveis por alguns projetos pioneiros, nos quais pontificava a massiva utilização de vãos envidraçados de grandes dimensões orientados a sul e de palas de proteção, de modo a poderem ser retirados benefícios advindos dos ganhos energéticos durante o inverno e a se evitarem os excessos de captação de energia solar durante o verão. A aplicação destes materiais de construção, de baixa resistência térmica, em locais diferentes para os quais a sua colocação tinha sido pensada, resultou em menores condições de conforto e numa, consequente, elevada dependência dos sistemas mecânicos de climatização, os quais comportavam acentuados níveis de consumo de energia (Costa, 2008; Montaner, 2001 citado por Fernandes *et al.*, 2012).

Durante a década de 40 do século passado, e devido à descoberta de novos poços de petróleo e à consequente disponibilização de eletricidade em larga escala a um baixo nível de custo, o desenho, as formas e os materiais do parque edificado favoreceram e acentuaram ainda mais o célere abandono de toda a arquitetura tradicional, renegando para segundo plano a relação das formas urbanas e o clima local e resultando deste modo numa superior utilização dos sistemas ativos de climatização (Gallo *et al.*, 1998).

A crise energética que imperou na década de 70 alertou para a necessidade de alteração da insustentável realidade energética vigente. A necessidade de alteração das fontes de energia fez emergir os sistemas ativos de produção de energia, sendo de enunciar os modelos desenhados e construídos pelo MIT. De facto, a proliferação e utilização destes sistemas voltou a relegar, para um plano secundário, a utilização de técnicas passivas de aproveitamento de energia. A baixa eficiência dos sistemas ativos e a sua difícil integração no meio urbano provocou uma alteração nas prioridades e obrigou os atores intervenientes no ciclo de vida da energia a repensarem o seu modo de atuação. O aumento da eficiência energética das edificações revelou-se como a

principal linha de resposta às preocupações emergentes durante esse período (Costa, 2008; Fernandes *et al.*, 2012).

Assim, as prioridades alteraram-se e conduziram a uma reformulação de todo o processo de desenho das formas urbanas (Fig. 2.16). Nos dias que correm, torna-se cada vez mais pertinente a utilização de estratégias utilizadas em tempos remotos, épocas nas quais não existia a disponibilidade dos meios mecânico e onde eram utilizados artifícios engenhosos para otimizar as condições de conforto do ambiente interior do parque edificado (Fernandes *et al.*, 2012).



**Figura 2.16 – Relevância das técnicas solares ao longo do tempo – Diagrama de Behling (Abalos, 2009 citado por Fernandes *et al.*, 2012)**

### **2.5.3.2 Estratégias Bioclimáticas Aplicáveis ao Planeamento Urbano**

O desfasamento das formas urbanas em relação ao seu local da implantação e consequente utilização e exploração massiva de recursos naturais, de modo a satisfazer as necessidades de conforto do Homem, começou a ser gradualmente contestada, conduzindo deste modo a um processo de procura de soluções que visassem a inversão do paradigma vigente. A resposta encontrada para a resolução deste paradigma passava pelo planeamento associado a um equilíbrio entre o Homem e o clima. De modo a tornar possível a integração adequada das técnicas solares no bloco edificado, verificou-se que seria necessário conceder todas as condições para o correto uso destas técnicas. Para que fossem concedidas todas as condições necessárias ao uso eficiente dos sistemas solares, concluiu-se que era necessário conferir uma configuração urbana que possibilitasse a utilização dos mesmos. A principal linha de resposta consistia na integração das condicionantes climáticas nos modelos e processos operativos do planeamento. Desta forma, a integração das condicionantes bioclimáticas - das quais se inclui a energia proveniente do Sol - no processo operativo do planeamento resultou na emergência de uma nova área associada ao planeamento, o Planeamento Bioclimático.

O conjunto de estratégias que integram o planeamento bioclimático encontra-se dependente dos vários parâmetros que constituem o clima. Parâmetros como a temperatura, a humidade, o vento, a precipitação e a radiação solar incidente num dado local são variáveis a ter em conta na caracterização do clima local e por consequência têm impacto relevante no processo operativo do planeamento, nomeadamente a nível regional, local ou do edificado (Bitan, 1988; Gonçalves & Graça, 2004).

Uma vez que o presente tema se debruça apenas sobre os fatores bioclimáticos a ter em conta no planeamento das áreas urbanas, serão mencionadas os elementos constituintes do planeamento que são influenciados pela adequação das formas urbanas ao clima de cada local. Deste modo, os diversos elementos climatológicos são responsáveis (Bitan, 1988):

- ✓ Pelo tipo de uso e ocupação dos solos;
- ✓ Pela otimização das densidades e das distâncias percorridas;
- ✓ Pela radiação e sombreamento dos locais urbanos;
- ✓ Pela definição de locais abrigados contra ventos dominantes;
- ✓ Pela orientação da rede viária e das fachadas principais do edificado;
- ✓ Pelo tipo de utilização dos espaços públicos.

Ao nível do edificado, as estratégias bioclimáticas têm papel preponderante na definição das formas, da localização, da orientação e dos sistemas construtivos, definindo deste modo:

- ✓ O tipo de habitação;
- ✓ A orientação do edificado;
- ✓ A utilização de ventilação natural;
- ✓ O correto sombreamento das edificações;
- ✓ A apropriada utilização da radiação solar;
- ✓ O desenho de vãos nas fachadas;
- ✓ A forma e orientação das coberturas;
- ✓ Os materiais e resistência térmica do edifício;
- ✓ A seleção de cores a atribuir ao edificado.

Desta forma, os parâmetros que possuem estreita relação com os agentes climáticos deverão ser a essência do desenho das formas urbanas e não apenas simples modificações durante a fase de construção das formas urbanas (Costa, 2008).

Em sùmula, e embora não seja de desprezar o facto de que o conforto térmico se encontra igualmente influenciado por fatores psicológicos e fisiológicos diferenciados para cada pessoa, um planeamento urbano eficaz deve considerar e integrar formas urbanas que se adequem ao clima predominante nos centros urbanos. A construção de um processo operativo que permita aproveitar as diversas valências que o meio ambiente oferece tem de constituir o cerne de todas as decisões a serem tomadas a nível local, visando, por um lado, a redução da exploração intensiva dos recursos naturais terrestres, e por outro, promover e potenciar a produção de energia a partir de recursos naturais renováveis de cada local.



## 2.5.4 Processo de Planeamento Urbano Sustentável

A necessidade de inversão do paradigma de desenvolvimento vigente, a conclusão de que essa mudança se deveria começar por realizar a partir dos centros urbanos e a inexistência de um modelo de planeamento, a nível local, capaz de viabilizar na prática essa mesma inversão, conduziu à criação e elaboração de um novo modelo de planeamento, o Planeamento Urbano Sustentável.

De facto, para Amado (2002) o processo do Planeamento Urbano Sustentável constitui o principal modo de atuação e resolução dos problemas gerados no seio das cidades, a partir dos quais devem ser colocadas em prática os pressupostos teóricos do modelo de desenvolvimento sustentável. Deste modo, o modelo assenta numa lógica operacional de racionalização de todos os recursos naturais locais, considerando-os e aproveitando-os de forma responsável ao longo de todo o processo. Os agentes bioclimáticos são então considerados como um dos fatores condicionantes de todo o processo, em especial no desenho das formas urbanas, e um importante veículo com o qual se pretende alcançar um desenvolvimento urbano sustentável. O novo processo operativo de planeamento urbano (Fig. 2.17) encontra-se assim estruturado para que seja possível, nas mais variadas etapas, estruturar o planeamento urbano em torno dos recursos naturais locais, sendo constituído por uma metodologia sequencial e assente num conjunto de quatro etapas.

A primeira etapa consiste no delinear dos objetivos da intervenção a realizar. Nesta fase definem-se os objetivos e estratégias de sustentabilidade, que posteriormente serão utilizados pelo processo em si e implementados na fase de conceção. Esta etapa é bastante importante pois tem como principal objetivo a satisfação das necessidades das populações, no presente e no futuro, possibilitando as gerações futuras usufruírem do resultado deste processo, ou no caso de necessidade de alteração, não se encontrarem impossibilitados de o fazer por ausência ou falência de recursos. Assim, devem ser respeitados os limites de carga que o ambiente local proporciona -tanto a nível local como a nível regional. O respeito por estes limites e pelas premissas de um desenvolvimento urbano sustentável deve ser integrado nas linhas orientadoras de todo o processo de planeamento, tendo em vista a obtenção de um meio urbano responsável e adequado às demais condicionantes locais.

A segunda etapa é constituída por uma análise local, tendo em conta os três pilares do desenvolvimento sustentável: o pilar ambiental, económico e social, devendo o levantamento de dados configuradores das condições locais ser realizado, quer ao nível da localidade em estudo, quer ao nível da sua área envolvente. Segundo o autor, deve ser igualmente considerada a participação da sociedade civil local, já que a mesma pode, fornecer dados detalhados e precisos acerca da realidade territorial sobre a qual se vai operar.

A **análise ambiental** visa o levantamento dos valores ambientais, salientando o maior número de aspetos positivos e negativos existentes e definindo orientações a seguir na etapa seguinte do processo operativo. Segundo Amado (2002), alguns dos indicadores a analisar (Quadro 2.4) são:

**Quadro2.4 – Indicadores ambientais**  
(Amado, 2002)

Meio Físico	Biodiversidade
Uso do solo antes e após a intervenção	Clima e qualidade do ar
Espaços Naturais	Gestão de Recursos
Valor ecológico	Ruído

A definição da orientação e do local de implantação de edifícios, da rede viária, das zonas verdes e do acesso aos demais recursos hídricos, são alguns dos parâmetros que podem ser definidos através do estudo às condicionantes e potencialidades do sistema natural receptor. Estes estudos de carácter ambiental visam a integração da componente ambiental no planeamento urbano, assim como visam estimular a construção de soluções alternativas.

A **análise social** resulta da necessidade que o processo de planeamento urbano tem em conhecer as características da envolvente à área de atuação, de modo a que se possa facilitar o processo de integração com a comunidade local. Aspectos como a pirâmide etária, a cultura e o património histórico edificado, as diversas classes sociais, a criminalidade, a mobilidade, o levantamento de expectativas da população, entre outros, são aspetos a serem levantados - quer seja através de dados estatísticos, quer seja por amostragem de dados recolhidos junto da população local - aquando desta etapa e que terão relevância significativa na definição da localização e dimensão das mais variadas estruturas urbanas durante a fase de desenho urbano, nomeadamente das estruturas referentes aos equipamentos públicos.

Na **análise económica**, a informação a ser recolhida e a ser analisada passa pelo emprego existente na área envolvente e na região, pelo tipo e dimensão dos demais sectores de atividade, pelo nível de formação que esses sectores das atividades necessitam e por uma análise populacional. Esta informação é de elevada relevância no sentido de informar sobre a quantidade e dimensão dos espaços destinados aos sectores da atividade, aos tipos de vias e acessos e à quantidade e dimensão dos lotes destinados ao setor terciário.

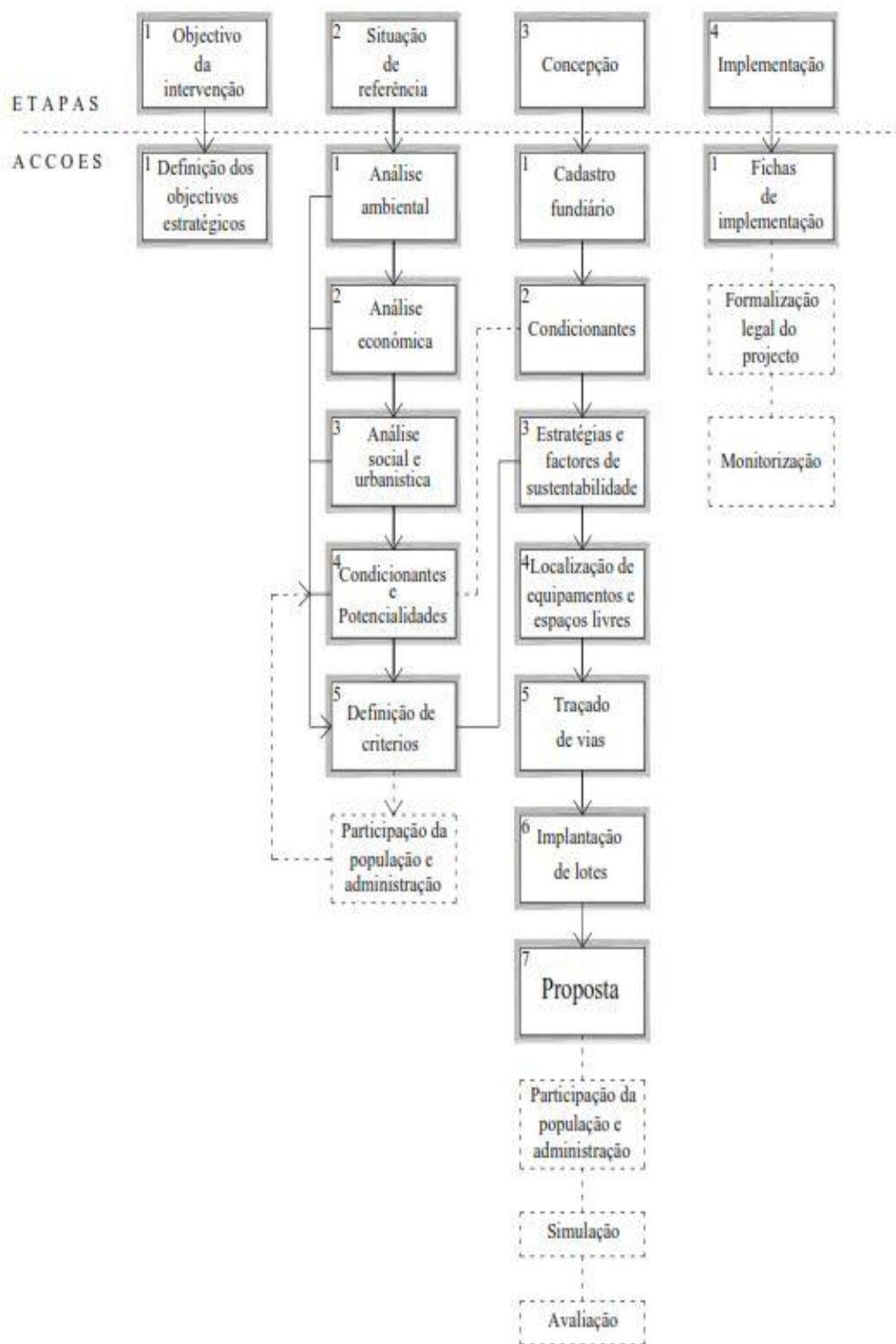
A terceira etapa consiste na conceção do plano, transformando os pressupostos teóricos em realidade física através da utilização do potencial físico do território constatado na etapa anterior. A fase de conceção tem associada a si a tomada de decisões e a correlação e coordenação de uma equipa pluridisciplinar, visando, por um lado, cumprir o objetivo da intervenção e, por outro, garantir o enquadramento do projeto na política do desenvolvimento sustentável. Esta etapa é a mais relevante no que diz respeito ao desenho urbano - localização de equipamentos e espaços livres, traçado da rede viária e implantação dos lotes -, contendo a solução da proposta e sendo igualmente necessário proceder a uma estruturação por ponderação dos dados recolhidos e já trabalhados. A ponderação a atribuir a cada dado é determinada pela equipa projetista, a qual deve ter a capacidade técnica para analisar e trabalhar os diferentes problemas e dar o seu contributo para o conhecimento das suas inter-relações.

Num modelo de planeamento urbano que se pretende sustentável, deve ser considerada a participação pública - nomeadamente a dos cidadãos dos meios urbanos - como elemento fundamental no processo de ordenamento do território e na definição de estratégias de promoção da qualidade ambiental, uma vez que estes se encontram em contacto direto com a realidade antes, durante e após a transformação urbanística do território. Deste modo, a participação pública nesta fase é de extrema relevância, participação essa que ocorrerá após a elaboração da proposta, de modo a aumentar a transparência do processo e assim informar a sociedade civil sobre a decisão tomada.

Ao longo desta terceira etapa, e devido à integração de agentes bioclimáticos e ao progresso tecnológico, deve igualmente ser considerada uma sub-etapa em torno da simulação do comportamento da solução proposta e a sua posterior avaliação. Esta etapa configura-se como um importante elemento de apoio nas tomadas de decisão, podendo fornecer informações complementares sobre o plano proposto.

A última e quarta etapa é a etapa de implementação da proposta, na qual se garante o cumprimento dos objetivos definidos no projeto, bem como o respeito pelos princípios estratégicos do desenvolvimento sustentável. A etapa é composta pela definição e elaboração de fichas de implementação, que asseguram a execução de todas as ações definidas e previstas nas fases anteriores. Estas fichas têm como principal característica serem elementos reguladores que

garantem a correta operacionalidade e eficiente implementação das soluções que constituem o cerne da proposta. Por último, é de referir a existência de uma etapa de monitorização com o propósito de avaliar a dimensão dos impactos realizados pela transformação física da realidade existente do território. A figura seguinte permite uma visualização da metodologia proposta pelo autor.



**Figura 2.17 – Estrutura do processo de Planeamento Urbano Sustentável (Amado, 2002)**

## 2.6 Estudos Aplicáveis ao Planeamento Urbano Solar

O estudo da interação dos centros urbanos com os agentes climáticos que neles atuam revela-se de vital importância de forma a ser possível realizar o correto aproveitamento destes mesmos agentes. Através do estudo da interação entre o clima e o parque edificado pretende-se determinar e definir quais as melhores estratégias a implementar na fase de desenho urbano do processo de planeamento para que se possa obter um adequado desempenho energético do tecido urbano.

A partir dos estudos apresentados em seguida são definidas orientações a integrar na estrutura do planeamento urbano, visando obter, deste modo, centros urbanos sustentáveis.

O estudo de Hachem *et al.* (2011) incide sobre a influência que determinados parâmetros do desenho urbano possuem na incidência da radiação solar nas superfícies dos edifícios e na potencial produção de energia nas coberturas. A metodologia deste estudo assenta em três etapas. A primeira etapa consiste na construção e desenho das formas urbanas sobre os quais vai incidir o estudo. Na segunda etapa são definidas as condições climáticas do modelo e sobre as quais se vão incidir as análises da etapa de simulação. Na última etapa é efetuada a simulação e análise da influência dos parâmetros na radiação solar incidente sobre as superfícies das diversas formas urbanas construídas.

A construção das formas urbanas teve em consideração, na sua definição, a integração dos parâmetros ao longo do processo, por forma a se compreender a extensão da sua influência nos padrões de consumo e produção de energia. Deste modo, os parâmetros utilizados pelos autores foram a densidade, os diferentes formatos que os blocos edificados podem adotar e a orientação preferencial das superfícies.

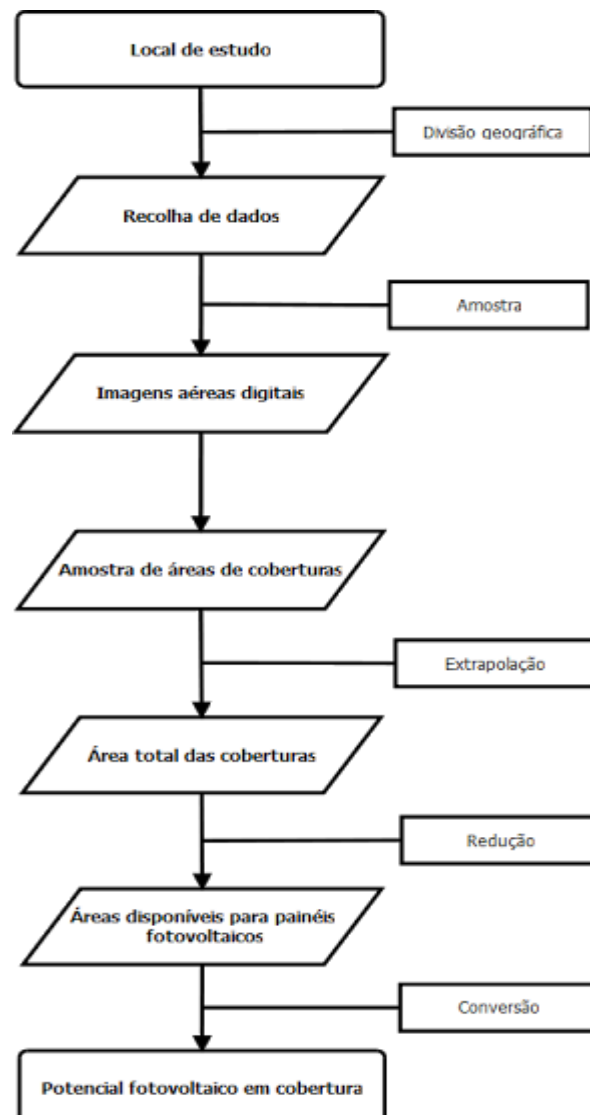
Os diferentes valores adotados pela densidade foram obtidos através da alteração das tipologias escolhidas, nomeadamente na alteração de habitações isoladas por habitações em banda. A alteração dos formatos urbanos conjugou-se através da utilização de formas urbanas retangulares, trapezoidais e em L. O parâmetro orientação das superfícies viu os valores alterados através da disposição diferenciada dos blocos edificados, tomando como principais orientações aquelas que se encontravam dispostas segundo o eixo norte-sul, possibilitando ainda a introdução de algumas formas urbanas com orientações intermédias entre este e oeste.

A segunda fase refere-se à construção das condições meteorológicas, as quais possibilitam o estudo, em condições próximas das reais, destes parâmetros. Durante a etapa foi definido que as condições climáticas a simular seriam equivalentes às registadas na cidade de Montreal, no Canadá.

A última etapa engloba a simulação das diversas hipóteses propostas e a posterior análise dos resultados obtidos pelo tecido urbano. O principal objetivo deste etapa centra-se no impacto que as diferentes configurações que o tecido urbano possui no desempenho energético das formas urbanas. A construção de toda a metodologia teve o auxílio de ferramentas informáticas em todas as etapas, sem os quais não seria possível testar e analisar os resultados obtidos.

A abordagem realizada por Wiginton, Pearce e Nguyen (2010) é baseada no potencial de energia solar fotovoltaica em coberturas, estudando este potencial a uma escala regional e determinando desse modo a capacidade total que a região possui para produzir energia elétrica a partir de sistemas de produção de energia. Este modelo assenta na combinação de uma amostra geográfica com um sistema de reconhecimento de imagem, de forma a ser possível recolher informação relativa à quantidade de coberturas disponíveis e aptas a receber os painéis fotovoltaicos.

O modelo é assente em 5 etapas (Fig. 2.18), como demonstrado na figura seguinte, e envolveu a divisão geográfica do local e uma amostra de dados do mesmo local através do programa computacional.



**Figura 2.18 – Processo de cálculo de potencial fotovoltaico das coberturas (Wiginton *et al.*, 2010)**

O estudo estabeleceu a diferença entre áreas rurais e urbanas. A definição das áreas rurais consistia na relação entre a área edificada e a área natural do território. Deste modo, quando uma área territorial apresentasse uma área edificada inferior à área da região em estudo, a mesma era classificada de área rural, ocorrendo o oposto quando a área edificada ultrapassava a área referente aos espaços naturais. Esta situação traduziu-se em métodos de cálculo diferenciados para as duas áreas supracitadas.

No caso das áreas rurais, o método de cálculo utilizado pelos autores consistiu na determinação manual do total de coberturas e suas correspondentes áreas através de imagens aéreas e de ferramentas computacionais.

No caso das áreas urbanas, procedeu-se a uma divisão geográfica da região em estudo. A divisão geográfica teve assim como principal objetivo a divisão das áreas urbanas em unidades

administrativas menores, de modo a que dados como a densidade populacional, a área de cada unidade e o número de população pudessem ser obtidos de modo mais expedito.

Apenas dez destas unidades menores são posteriormente utilizadas como amostras para o cálculo das áreas de cobertura da região. Esta etapa aproveitou os estudos realizados por outros autores de modo a poder relacionar as áreas de cobertura detetadas e os dados estatísticos referentes à densidade populacional. A partir da correlação efetuada, torna-se possível determinar, para uma área específica, a totalidade de coberturas disponíveis, permitindo assim avançar para a etapa seguinte. Após o final desta etapa, é realizada a extrapolação das dez unidades estudadas para a região em estudo, por forma a se estimar o total de área ocupada pelas coberturas existentes na região.

A extrapolação é realizada através da relação entre a densidade populacional e a densidade de edifícios e coberturas, relação essa que é posteriormente replicada no restante território urbano. Outros estudos, nomeadamente de Lehmann e Peter (2003), têm defendido esta relação. No estudo de Lehmann e Peter (2003), é definida uma expressão numérica exponencial que necessita de *inputs* como a população existente por km<sup>2</sup>, devolvendo como valores a correspondente área máxima de cobertura que existe na região. Assim, para calcular a área de cobertura existente no local o melhor indicador é o número de pessoas que reside nessa região.

Na etapa seguinte é calculada a área de cobertura disponível para instalação de sistemas de produção de energia. Neste passo são aplicados fatores de correção - calculados através de dados estatísticos e algoritmos - devido a sombreamentos de edifícios subjacentes, ao modo de colocação e instalação dos próprios painéis, à orientação das coberturas inclinadas e aos diferentes usos dados às coberturas, tendo como exemplo a inclusão de locais específicos para ventilação, chaminés, ar condicionados, entre outros.

Na última etapa determina-se, através de cálculo, a potência e energia produzida pelos sistemas de produção de energia elétrica - sendo considerados diferentes modelos destes sistemas - na região em estudo, a qual é posteriormente comparada com o consumo de energia da mesma região, consumos esses obtidos através de dados estatísticos.

O estudo de Amado e Poggi (2012b) apresenta semelhanças com o estudo desenvolvido por Wiginton *et al.* (2010), nomeadamente no facto de ambos estudarem o potencial de produção de energia elétrica e de utilizarem fatores de redução para determinar as áreas efetivamente aptas para receber os sistemas ativos de produção de energia, demarcando-se deste na escala considerada - escala urbana -, no facto de, ao desenvolver um modelo tridimensional posteriormente sujeito a operações de modelação numérica, não se limitar a uma estimativa potencial e no facto de construir e desenvolver um novo modelo urbano tendo em vista a maximização do potencial solar local das novas formas urbanas construídas, onde posteriormente se comparou os resultados relativos ao desempenho energético das novas formas urbanas com o sistema urbano que já se encontrava implantado no local. De facto, o modelo proposto foi relevante para apresentar uma metodologia de cálculo enquadrada no processo operativo do planeamento urbano.

A metodologia baseia-se na definição do sistema de produção de energia, no cálculo da capacidade de produção de energia elétrica em meio urbano através de uma análise ao local e na construção de um novo modelo urbano que maximizasse a produção de energia do tecido urbano.

A primeira etapa assenta na definição do modelo energético a considerar, definindo deste modo as energias renováveis que se encontram presentes no tecido urbano. No presente contexto, o modelo energético considerado e estudado foi um modelo assente apenas na correta exploração da energia solar, definindo a partir desta as principais linhas orientadoras pelos quais o presente estudo se vai pautar (Amado& Poggi, 2012b).

A segunda etapa consiste na construção de um modelo simplificado, em três dimensões, das atuais formas urbanas. A construção do modelo urbano foi realizada através do levantamento de dados de imagem aérea e de sistemas de informação geográfica. A partir do modelo construído, operou-se uma simulação solar numérica de forma a determinar a quantidade de energia global incidente nas superfícies horizontais do bloco edificado, ignorando o potencial de produção de energia das superfícies verticais. Antes de se proceder ao cálculo final do potencial de produção de energia do território atual, é necessário considerar um conjunto de coeficientes de redução das áreas de cobertura que seriam aplicados para a correção dos valores finais de radiação solar incidente (Fig. 2.19). Deste modo, são aplicados determinados coeficientes de redução que condicionam e reduzem a dimensão das áreas das coberturas, nomeadamente devido aos diversos usos das mesmas, ao espaçamento necessário entre painéis para manutenção dos sistemas fotovoltaicos e para evitar sombreamentos entre os mesmos, aos sombreamentos provocados por objetos adjacentes e a orientações de coberturas inadequadas para a produção de energia do tecido urbano (Amado & Poggi, 2013, 2014b, 2014c; Ordóñez *et al.*, 2010).



**Figura 2.19 – Determinação das áreas de cobertura aplicando fatores corretivos de utilização e sombreamento (Ordóñez *et al.*, 2010)**

Estes coeficientes têm por base os apresentados e utilizados por Izquierdo *et al.* (2008) e Wiginton *et al.* (2010) nos seus estudos sobre o cálculo do potencial fotovoltaico das regiões em estudo. Terminado o processo de determinação das áreas de cobertura e dos valores de radiação global incidente, foi possível determinar a capacidade de produção de energia da célula urbana em estudo para o ano inteiro através de formulação matemática, relacionando os valores anteriormente apresentados com a eficiência do sistema ativo escolhido e com o rendimento do modelo fotovoltaico escolhido.

Na terceira etapa são construídas, no mesmo local, novas formas urbanas, as quais foram desenhadas tendo em consideração a maximização do potencial solar nas fachadas e nas coberturas e deste modo assegurar a sua adequação a um planeamento urbano sustentável. De

facto, o desenho das novas formas urbanas teve como princípios orientadores, o potencial solar do local, o respeito pela regra dos 45° definido no Regulamento Geral das Edificações Urbanas, a opção pela definição de coberturas planas, o nivelamento da altura das edificações de modo a evitar sombreamentos indesejáveis e a definição de uma área de cobertura mínima que tivesse em conta fatores económicos, para a qual se dotou um valor mínimo de 42 m<sup>2</sup>. Pese embora as formas projetadas diferissem das formas urbanas existentes, existiu, ainda assim, necessidade de aplicar um coeficiente de correção, tal como realizado na etapa anterior. O coeficiente a aplicar à cobertura teve em consideração a necessidade de espaçamento dos painéis constituintes dos sistemas de produção de energia, de forma a considerar os sombreamentos provocados pelos mesmos. Contudo, nesta etapa não foi apenas estudado o potencial solar das superfícies horizontais. Ao longo do desenho das novas formas urbanas foi igualmente considerado o potencial solar apresentado pelas superfícies verticais, as quais necessitaram igualmente de coeficientes de correção com o objetivo de determinar as áreas que se encontravam efetivamente aptas a receberem os sistemas ativos de produção de energia. Os coeficientes relativos ao cálculo da área efetiva das fachadas que se encontram aptas a receber os painéis fotovoltaicos foram os seguintes:

- Coeficiente de correção devido a elementos como envidraçados e outras soluções arquitetónicas que impedem a colocação de painéis fotovoltaicos na fachada;
- Coeficiente de correção relativos a altura dos edifícios, tendo em atenção que o primeiro piso devido a restrições de ordem técnica e de segurança não se encontram aptos para receber os painéis;
- Coeficiente de correção devido a fachadas orientadas para a rede viária, jardins e pátios interiores;
- Coeficiente de correção devido a uma diminuição da eficiência técnica do próprio painel fotovoltaico quando este se encontra num plano praticamente vertical.

Após o desenho das formas urbanas e recorrendo a ferramentas informáticas de simulação numérica, foi possível calcular a radiação solar incidente em todas as superfícies expostas. Como tal, no fim desta abordagem é possível, não só comparar a capacidade de produção de energia elétrica das novas formas urbanas com o tecido urbano existente, mas também quais os locais e superfícies com maior potencial solar e as que se configuram como estando mais aptas a produzir energia elétrica no seio do tecido urbano.

Uma outra abordagem de Amado e Poggi (2013) deve ser realçada. A metodologia desenvolvida tem a denominação de GUUD, *Geographical Unit Urban Delimitation* e procede à divisão de zonas urbanas em células, as quais se encontram são definidas segundo determinadas características, tais como:

- Período de construção do edificado;
- Densidade populacional;
- Morfologia urbana;
- Padrões de uso do solo;
- Tipologia das coberturas.

A partir da definição das células é possível determinar, através de dados estatísticos, os padrões de consumo energético de cada célula urbana definida.

O modelo advoga que o equilíbrio energético de locais urbanos pode ser equiparado à estrutura de um átomo. Assim, o comportamento do binómio consumo-produção de energia de um local determina a sua classificação como positiva, negativa e neutra, correspondendo a prótons, eletrões e neutrões, respetivamente. Ou seja, um local com uma produção superior ao seu



consumo tem uma carga classificada como positiva, assim como um local que é classificado como negativo tem uma produção inferior ao respetivo consumo de energia.

Através de redes inteligentes de distribuição de energia é possível equilibrar, tal como na estrutura de um átomo onde existe um equilíbrio entre os seus elementos constituintes, a energia dos diversos locais urbanos. Desta forma, nos locais onde a capacidade produção de energia é inferior ao seu consumo será distribuída energia proveniente de locais onde a relação produção-consumo é positiva, obtendo-se assim um equilíbrio energético de todo o tecido urbano.

De facto, através deste processo metodológico foi possível determinar o potencial de produção de energia em três células urbanas diferentes, e a partir daí inferir qual a intensidade e direção do fluxo de energia a adotar de modo a equilibrar energeticamente o conjunto das células que compõem o sistema urbano final (Amado & Poggi, 2013, 2014b, 2014c).

## **2.7 Sistemas de Aproveitamento de Energia Solar em Meio Urbano**

O Sol é um reator onde ocorre a fusão de núcleos de hidrogénio, originando a formação de Hélio e assim gerando energia a partir da sua massa. Esta energia tem uma distribuição espectral semelhante à de um corpo negro à temperatura 5760 K, ou 5486,9 °C, propagando-se sob forma de ondas eletromagnéticas - com comprimentos de onda entre 0,1 e 3  $\mu\text{m}$  - e demorando cerca de 8 minutos a chegar à atmosfera terrestre, correspondendo esta à velocidade da luz (Greenpro, 2004a; Henriques, 2007; Mendonça, 2005).

Contudo, nem toda a radiação que alcança o topo da atmosfera terrestre atinge a superfície do planeta. Esta situação deve-se ao facto de que a energia, ao atravessar a atmosfera, é refletida, absorvida e dispersa por gases atmosféricos, aerossóis e nuvens. Assim, da energia solar que chegue ao planeta, apenas 21% da radiação atinge a superfície terrestre diretamente, 29% é difundida pelas nuvens e atinge a superfície terrestre de forma indireta, 31% é refletida por poeiras e partículas existentes na atmosfera terrestre e 19% é absorvida pelas nuvens e pelos restantes gases constituintes da atmosfera (Mendonça, 2005).

De igual forma, torna-se relevante mencionar que a radiação que incide sobre a superfície terrestre varia consoante a estação do ano e a posição geográfica do local. Estes dois fatores veem os valores de radiação global incidente serem condicionados, quer pela inclinação do eixo vertical que o planeta apresenta, quer pela distância que a radiação solar tem de percorrer ao longo da atmosfera.

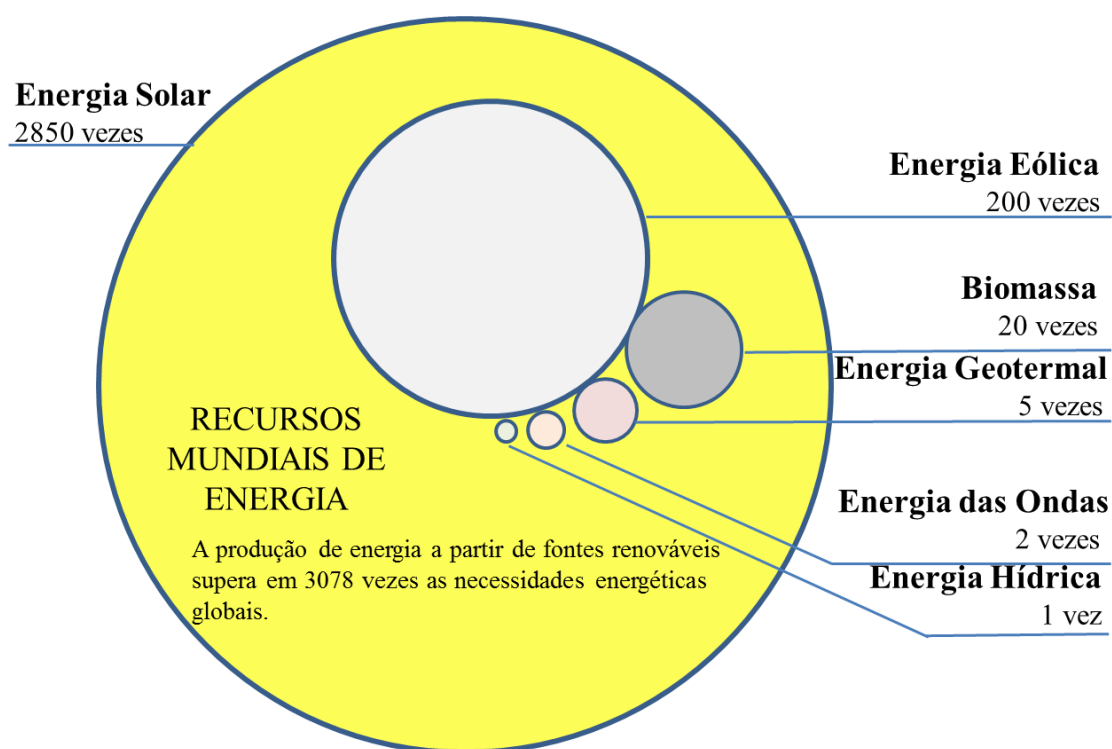
No caso da inclinação do eixo do planeta, verifica-se que este não é perpendicular ao plano da elítica, mas inclinado e assumindo um ângulo de 23,5°. Dado que a orientação deste eixo se mantém fixo enquanto a Terra se move em torno do Sol, o ângulo sobre o qual os raios solares incidem sobre o planeta é diferenciado ao longo do ano. É a presença deste ângulo que explica a existência de diferentes estações e durações do dia ao longo do ano. À medida que o ângulo de incidência aumenta, aumenta igualmente a área que a radiação solar tem de cobrir, o que acaba por resultar em diferentes valores de radiação solar por unidade de área e determinando, deste modo, as diferentes estações do ano. De igual modo, a existência de um ângulo de inclinação altera a altura a que o Sol se encontra ao longo do dia e do ano. Durante o verão este ângulo apresenta valores elevados, diminuindo o mesmo à medida que se aproxima o inverno. O solstício de verão e de inverno representam assim os dias em que o ângulo de incidência da radiação solar apresenta os valores máximos e mínimos durante o ano, respetivamente (Guerreiro, 2011; Queeq, 2004).

O ângulo de incidência de radiação solar tem igualmente forte impacto na estrutura climática dos locais. O facto de o planeta possuir uma estrutura esférica resulta em diferentes níveis de

intensidade de radiação solar incidente devido, essencialmente, ao ângulo de incidência de radiação solar. Deste modo, quanto maior for a distância do local em relação à linha do equador, menor será esse ângulo, originando valores superiores de áreas a radiar e deste modo alterando os valores relativos à quantidade de radiação solar por unidade de área. É devido a esta situação que quanto maior for a distância à linha do equador, menor serão as temperaturas registadas, resultando em locais mais frios (Queeq, 2004).

No caso da distância que a radiação solar tem de percorrer ao longo da atmosfera, os valores de radiação solar incidente são condicionados de tal modo que quanto maior for a distância a percorrer pela radiação incidente, menor será a quantidade de energia que atinge a superfície terrestre, situação decorrente de uma presença acentuada de gases atmosféricos que absorvem e refletem a energia solar. Deste modo, os locais com maiores latitudes durante a estação de aquecimento possuem uma menor intensidade de radiação solar global incidente, condicionando deste modo o potencial de captação e utilização de energia (Greenpro, 2004a).

Contudo, e apesar de existirem diversos fatores que podem alterar a quantidade de radiação que atinge a superfície terrestre, a energia solar, ainda assim, é a principal fonte de energia renovável disponível no planeta e pode ser considerada como uma fonte de energia ilimitada. Ilimitada, porquanto a escala temporal do Sol é largamente superior à do ser humano. A seguinte figura 2.20 demonstra a relação entre as demais fontes de energia e o consumo anual global (IEA, 2012a).

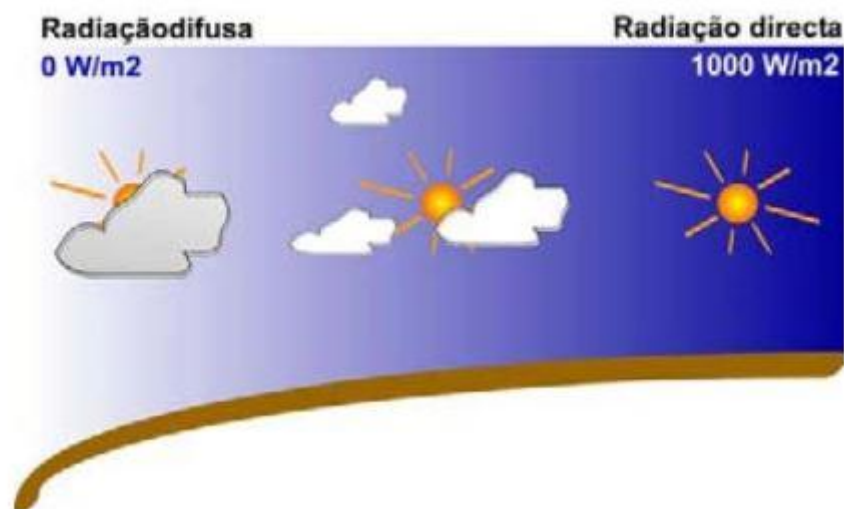


**Figura 2.20 – Potencial teórico de todas as energias renováveis quando comparado com as necessidades energéticas globais diárias (Greenpeace International & EREC, 2008)**

A radiação que atinge a atmosfera terrestre e não é refletida pode ser dividida em dois grupos: radiação direta e radiação difusa. A radiação solar direta é a que provém do Sol e atinge a Terra sem qualquer mudança de direção. A radiação difusa pode ser definida como a energia solar que chega ao olho humano após a mudança de direção provocado pelos vários elementos constituintes da atmosfera terrestre. Em dias de céu limpo prevalece a presença da radiação direta, em dias nebulados ou com elevada poluição atmosférica prevalece a componente difusa da radiação.



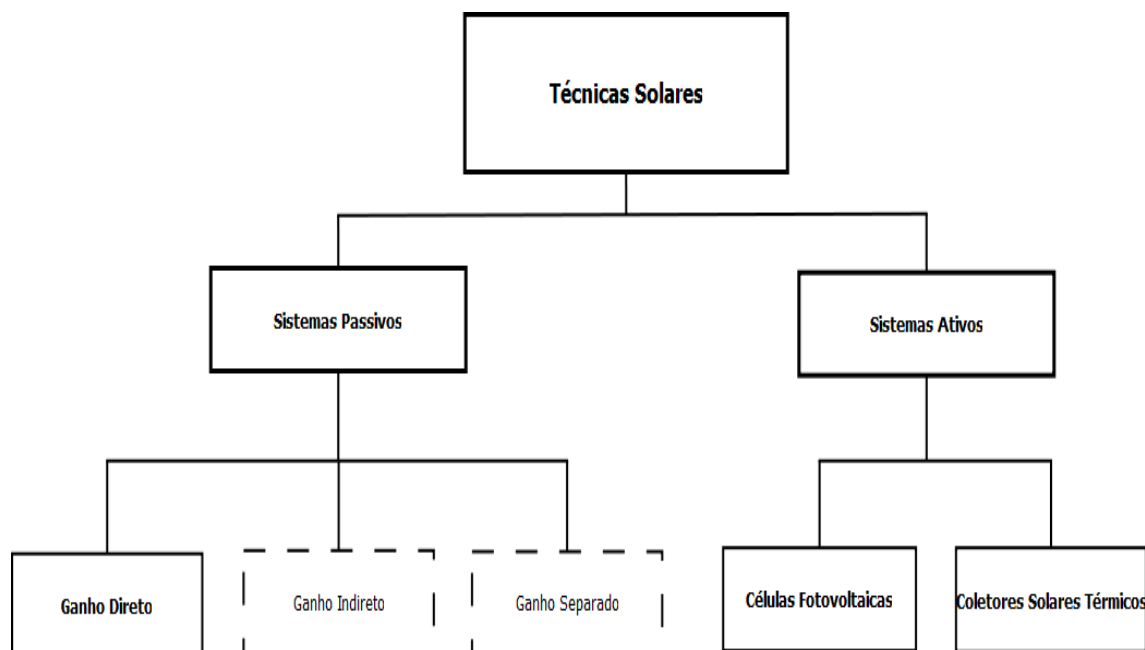
**Figura 2.21 – Componentes da radiação solar global  
(Greenpro, 2004a)**



**Figura 2.22 – Diferentes intensidades de radiação solar mediante diferentes condições climáticas  
(Greenpro, 2004a)**

A soma de ambos os grupos anteriormente mencionados resulta na radiação solar global e é considerada como sendo o principal parâmetro na definição do potencial solar de cada local (Greenpro, 2004a).

Como já mencionado, o potencial energético desta fonte de energia renovável deve ser tido em consideração na alteração da realidade do sistema de produção e consumo de energia vigente. É desta forma que se deve ponderar a utilização da energia no seio do tecido urbano, quer seja através de sistemas ativos, quer seja através dos sistemas passivos.



**Figura 2.23 – Tecnologias solares em edifícios**

Dentro dos sistemas ativos encontram-se os painéis fotovoltaicos, agrupando várias células, e os coletores solares térmicos. No que concerne aos sistemas passivos, englobam-se todas as estratégias, ao nível do sistema construtivo, que permitam uma a captação de energia solar e a posterior redução no consumo energético do bloco edificado.

### **2.7.1 Sistemas Ativos**

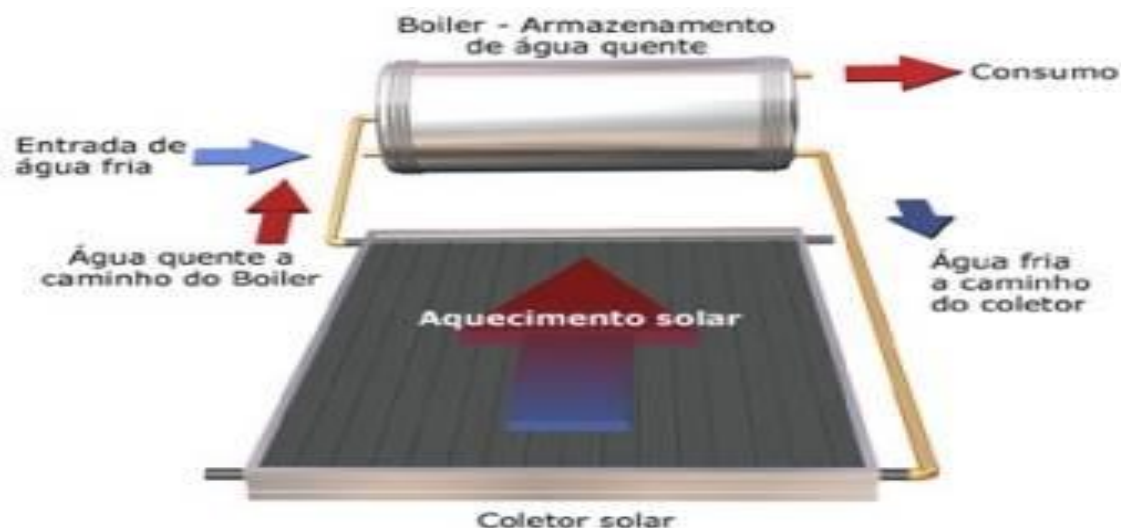
Os sistemas ativos convertem a energia solar em energia térmica ou em eletricidade mediante a utilização de dispositivos térmicos e de conversão, recorrendo-se para o efeito a meios artificiais de transformação de energia (Greenpro, 2004a; INETI, 2007; Mendonça, 2005; Roriz, 2008).

Os coletores solares térmicos e os painéis fotovoltaicos são os principais conversores destes sistemas, os primeiros referentes à conversão de energia solar em energia térmica, e os segundos referentes à conversão de energia solar em eletricidade. A eficiência destes sistemas, em ambos os casos, encontra-se estreitamente relacionada com a orientação e inclinação dos painéis, sendo que o potencial de captação de energia solar é igual para os dois sistemas.

#### **a) Coletores Solares Térmicos**

Os painéis solares térmicos são dispositivos capazes de captar e transformar a energia solar em energia térmica. A captação de energia é feita através de uma placa que absorve a radiação solar como se de um corpo negro se tratasse - um corpo com elevada capacidade de absorção de radiação e uma baixa capacidade de reflexão. Dentro dos coletores solares térmicos, existem dois sistemas de aquecimento de água: Sistema Direto e Sistema Indireto. A diferença entre os dois sistemas reside na existência, ou não, de fluidos térmicos. Enquanto no Sistema Direto a água potável é diretamente aquecida pelo coletor solar, no Sistema Indireto recorre-se a um fluido que será aquecido e posteriormente transferirá a energia para a água potável.

No Sistema Direto, a água potável entra no tanque de armazenamento térmico, sendo posteriormente encaminhada para a tubagem, em cobre - material bom condutor - no interior do coletor solar, onde é posteriormente aquecida. No final deste processo a água potável volta ao tanque de armazenamento térmico - ficando no topo do tanque devido à sua menor densidade -, onde é posteriormente encaminhada para os sistemas de utilização do consumidor final.



**Figura 2.24 – Esquema de utilização de um Sistema Direto**  
([www.energias-renovaveis.info](http://www.energias-renovaveis.info))

No Sistema Indireto, recorre-se a um fluido para realizar a transferência de calor. De facto, o armazenamento desta energia efetua-se através da utilização de um gás ou fluido no interior destes dispositivos, sendo que, regra geral, se utilizam mais fluidos do que gases, sendo estes denominados de fluidos de transferência de calor. Posteriormente, este líquido flui até ao tanque de armazenamento de água potável onde se situa um permutador de calor, o qual se encontra emerso em água e que deste modo transfere a energia do fluido para a água potável, resultando na saída da água potável pela parte superior do tanque de armazenamento térmico. Após o arrefecimento do fluido, o mesmo é introduzido novamente na tubagem inferior do tanque de armazenamento, reiniciando o seu ciclo. Estes aparelhos podem ser colocados nas superfícies horizontais e verticais, desde que não exista qualquer obstrução à radiação solar (Greenpro, 2004a; INETI, 2007; Mendonça, 2005; Roriz, 2008). No entanto, mesmo otimizando as características destes coletores, em geral, os mesmos não garantem a totalidade do consumo energético, sendo necessário complementá-los com uma instalação convencional de apoio, de modo a assegurar as necessidades energéticas não cobertas pelo coletor (INETI, 2007).

Estes sistemas são importantes para o aquecimento de águas sanitárias, aquecimento de piscinas, aquecimento de piso radiante, e a sua utilização está limitada a 8 ou 10 meses ao longo do ano (INETI, 2007).

## **b) Células Fotovoltaicas**

Os painéis solares fotovoltaicos são aparelhos utilizados para realizar a conversão direta da energia solar em energia elétrica, decorrendo do efeito fotovoltaico. A radiação solar - nomeadamente os fótons - incide sobre a estrutura e transmite-lhe energia, transformando-a deste modo num elemento condutor. Devido à excitação dos eletrões geram-se duas zonas de polaridade na qual é estabelecida um fluxo de eletrões, criando assim uma corrente elétrica. Esta corrente mantém-se até ao momento em que a radiação solar cessa, vindo a sua intensidade variar igualmente consoante a quantidade de energia solar que incide sobre o sistema. Os aparelhos são colocados nos edifícios, dependendo a sua colocação de fatores como o rendimento e a estética. A colocação destes dispositivos é variada, podendo serem colocados em coberturas ou em fachadas, o que explica a ampla gama de acabamentos e cores que atualmente existe no mercado (Greenpro, 2004b).

Os painéis solares fotovoltaicos são constituídos por sílica, conhecido material semicondutor. O silício é o segundo material com mais abundância da Terra, sendo essa a razão principal pela

qual cerca de 95% dos painéis atuais são constituídos por este material. Ainda assim, estes aparelhos não possuem uma elevada eficiência, e veem o seu rendimento depender, quer da sua orientação solar quer da temperatura a que o ar se encontra. O rendimento de uma célula solar é calculado através da eficiência que o sistema demonstra em converter a energia solar em energia elétrica. O rendimento atual destes sistemas não ultrapassa os 20%, sendo de prever que este valor venha a aumentar em consonância com o aumento de investigação e interesse na área (Greenpro, 2004b).

Os sistemas fotovoltaicos podem ainda ser divididos em dois sistemas: autónomos e ligados à rede. Os sistemas ligados à rede permitem que o excesso de energia possa ser vendido, ou partilhado, e integrado na rede pública. Por sua vez, os sistemas autónomos necessitam da incorporação de baterias para armazenar o referido excesso (Watt, 2001).

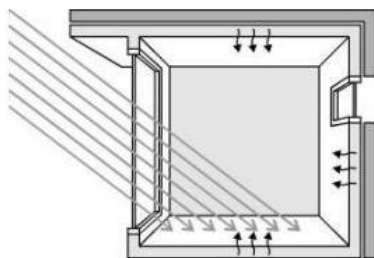
### 2.7.2 Sistemas de Aquecimento Passivo

Os sistemas passivos são elementos estruturais e de desenho do edifício que são aproveitados de modo a permitirem o aquecimento e arrefecimento sem necessitar de equipamentos mecânicos. Nestes sistemas, a energia é quase toda ela transferida de modo natural. Quase, uma vez que podem ser utilizadas pequenas contribuições energéticas estranhas ao sistema, desde que as mesmas não ultrapassem os 2% de energia útil total captada pelo sistema (Mendonça, 2005).

Os sistemas de aquecimento passivo potenciam a utilização da energia solar durante a estação de aquecimento, através de vãos envidraçados adequadamente orientados e dimensionados, aos quais se associam elementos massivos que têm como principal função o armazenamento da energia e sua utilização em horas posteriores. Para o presente tema apenas será enunciado o sistema passivo de Ganho Direto, devendo-se ressaltar que este não se configura como sendo o único elemento que compõe os sistemas passivos de aquecimento (Gonçalves & Graça, 2004)

- **Sistema de Ganho Direto**

Os sistemas de **Ganho Direto** baseiam-se na absorção, armazenamento e libertação de energia no interior do compartimento. A absorção faz-se por meio da introdução de envidraçados nos compartimentos de modo a permitirem a radiação direta de pavimentos e paredes interiores. Estes elementos armazenam a energia durante o período diurno, libertando-a de forma gradual no período noturno, através de processos de transferência de calor convectivos e radiativos. Assim, os principais elementos que compõem estes sistemas são os vãos envidraçados da envolvente e as massas térmicas que constituem os paramentos interiores. Para que se obtenham elevados ganhos energéticos destes sistemas é necessário, essencialmente, ter em conta a dimensão, orientação e localização dos elementos.



**Figura 2.25 - Esquema de sistema de Ganho Indireto**  
(Almeida, 2003)

## **2.8 Políticas para a Eficiência Energética das Cidades**

### **2.8.1 Protocolo de Quioto**

O protocolo de Quioto foi assinado no âmbito da Convenção sobre mudanças climáticas pela Organização das Nações Unidas, adotada em 1992 por 189 dos 192 dos estados membros das Nações Unidas, constituindo-se como um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução de emissão de gases com efeito estufa, sendo posteriormente assumido, em 1997, por 36 países industrializados.

Os países foram agrupados por anexo, a saber: os países do Anexo 1 englobam os países industrializados que aceitaram reduzir as suas emissões; os países do Anexo 2 representam os países industrializados, não incluindo os países com economias em transição, que ratificaram mas não se comprometeram com metas- os quais têm especial obrigação de assistir com os seus recursos financeiros e tecnológicos os países em vias de desenvolvimento - e os países do não-Anexo 1 englobam todos os países em vias de desenvolvimento. A distribuição dos países em vários anexos teve como principal propósito estabelecer e regular diferentes níveis de comprometimento e participação no processo. Neste ponto, apenas os países pertencentes ao Anexo 1 possuíam metas para redução das emissões. O tratado propõe um calendário pelo qual os países-membros, nomeadamente os países desenvolvidos, têm a obrigação de reduzir a emissão de gases com efeito estufa em, pelo menos, 5,2% durante o período 2008-2012 - quando comparado com valores de 1990 -, entrando o protocolo em vigor a partir de 2005, uma vez que só após a Rússia ter ratificado o documento se passou a representar mais de 55% das emissões mundiais de gases com efeito estufa, condição necessária para que o protocolo entrasse em vigor. Neste âmbito, apenas os Estados Unidos e a Austrália não ratificaram o protocolo de entre os países industrializados. A China, a Índia e o Brasil não assinaram igualmente devido a terem o estatuto de países em desenvolvimento. As metas propostas não são iguais para todos os membros, colocando níveis diferenciados para os 38 países que mais gases com efeito estufa emitem. Deste modo, os 15 Estados-Membros da União Europeia decidiram estabelecer metas mais ambiciosas, determinando uma redução de 8% em relação aos níveis registados em 1990, enquanto o Japão optou por estabelecer essa mesma meta em 5% (Lacasta & Barata, 1999; Silva, 2009).

De modo a que as metas propostas fossem alcançadas, foi necessário estabelecer a inclusão de algumas estratégias genéricas, deixando a especificidade das estratégias a adotar ao cuidado de cada um dos países. As estratégias genéricas deveriam então passar por (MCT, 1998; Lacasta & Barata, 1999; Silva, 2009):

- Reformar os sectores de energia e transportes, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa não contemplados por outras conferências e documentos;
- Promover o uso de fontes de energia renováveis, a utilização de tecnologias de sequestro de dióxido de carbono e de tecnologias ambientalmente seguras, avançadas e inovadoras;
- Eliminar mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos fins da convenção;
- Limitação das emissões de metano, através da recuperação e utilização no tratamento de resíduos e na produção, transporte e distribuição de energia;
- Proteger as florestas e outros elementos consumidores de dióxido de carbono;
- Aumentar a eficiência energética em setores relevantes do tecido económico mundial;
- Promover estratégias eficazes para a agricultura à luz das considerações sobre a mudança de clima.

O Protocolo de Quioto foi particularmente inovador no contexto de potenciar uma economia de mercado como instrumento de auxílio à concretização das metas definidas. Para o efeito foram

criados três mecanismos: Mecanismo de Implementação Conjunta, Comércio de Emissões e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

O Mecanismo de Implementação Conjunta permite que seja possível a um país, ou a uma companhia de um país, cumprir os seus compromissos através do financiamento em projetos de eficiência energética e/ou de retenção de gases com efeito estufa, tais como implantação de florestas ou outro tipo de sumidouros noutro país, desde que os países envolvidos pertençam ambos ao conjunto de países obrigados a reduzir as suas emissões. Esta situação era especialmente vantajosa para países onde o custo global dos serviços seja mais elevado, uma vez que seria mais fácil implementar motores mais eficientes, do ponto de vista energético, na Polónia ou na Roménia, que converter uma central termoelétrica em Nova Jérícia (Lacasta & Barata, 1999; Silva, 2009).

O Comércio de Emissões - uma vez mais salienta-se que seria necessário que o mecanismo apenas se cingisse a países com obrigação de reduzir os níveis de emissões – tem por base um processo no qual um país poderia transacionar um conjunto de emissões, ou seja, um país poderia comprar a outro um conjunto de emissões, ficando o país comprador com uma quota superior de emissões e o país vendedor com uma menor taxa de emissões (Lacasta & Barata, 1999; Silva, 2009).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo permite que um país do Anexo I possa, através da implementação de projetos em países em vias de desenvolvimento - não-Anexo 1, aumentar a sua quota-parte de emissões. O principal objetivo deste mecanismo era a promoção e desenvolvimento de estratégias sustentáveis em países em desenvolvimento (Lacasta & Barata, 1999; Silva, 2009).

Contudo, um dos maiores problemas detetados no protocolo é a sua falta de ambição quanto às metas definidas. De facto, a comunidade científica internacional acredita que os objetivos do protocolo correspondem a uma solução muito superficial para o problema. O protocolo apenas definia uma redução de 5% da emissão de gases com efeito estufa, enquanto a maioria da comunidade científica acreditava que apenas uma redução de 60% da emissão destes gases poderia atenuar, de forma adequada, as consequências de um aquecimento a nível global. Outros problemas mencionados baseavam-se no facto de que alguns países, como os Estados Unidos, não terem assinado o documento, bem como os países em vias de desenvolvimento não terem qualquer meta de redução, o que reduz a abrangência do protocolo (Silva, 2009).

Assim, findo o período 2008-2012, os países deveriam estabelecer e renegociar novas metas e períodos a cumprir, metas essas que deveriam ser mais ambiciosas que as anteriormente firmadas (MCT, 1998).

## **2.8.2 Diretiva sobre o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD)**

A diretiva em epígrafe é uma diretiva relativa ao desempenho energético de edifícios, introduzida, em 2002, pela Comissão Europeia, a qual visava promover a alteração e o aumento do desempenho energético dos edifícios através da implementação de requisitos mínimos para os edifícios novos e para edifícios que fossem abrangidos por processos de renovação de grande dimensão. Deste modo, a diretiva estabelecia que todos os Estados-Membros da União Europeia deveriam implementar um sistema de certificação que tivesse como principais objetivos aumentar o desempenho energético dos edifícios e aumentar o nível de exigência da regulamentação em vigor. Para que o cidadão fosse integrado no processo de avaliação, o mesmo deveria ser informado acerca do comportamento energético dos edifícios, aquando da construção, venda ou arrendamento dos mesmos, sendo o certificado válido por 10 anos. A introdução desta diretiva foi a resposta natural ao compromisso firmado pela União Europeia aquando do Protocolo de Quioto, tendo igualmente em consideração o impacto que os



consumos de energia do parque edificado têm na alteração do clima do planeta (ADENE, 2012a; LiderA, 2010; DIRECTIVA 2002/91/CE).

A diretiva estabelecia assim requisitos mínimos para edifícios novos ou para edifícios existentes que passassem por um grande processo de renovação, tendo como principais considerações (DIRECTIVA 2002/91/CE):

- As condições climáticas externas e as condições locais;
- Exigências em termos de climas interiores;
- A rentabilidade económica.

Estas condicionantes deveriam ser tidas em conta na definição, elaboração e estabelecimento de requisitos mínimos em matéria de:

- Enquadramento geral de uma metodologia de cálculo relativo ao desempenho energético do parque edificado;
- Certificação energética dos edifícios.

Por sua vez, o campo de aplicação dos requisitos mínimos - e posterior emissão do certificado - deveria englobar:

- Todos os edifícios novos;
- Edifícios existentes, desde que passassem por um amplo processo de renovação - 25% do valor total do edifício ou 25% da área total da superfície exterior - e tivessem uma área útil superior a 1000 m<sup>2</sup>.

Na mesma diretiva definia-se que os edifícios públicos, ou os edifícios que albergassem serviços públicos a um grande número de pessoas e que possuíssem uma área útil superior a 1000 m<sup>2</sup>, deveriam colocar de forma visível os certificados energéticos válidos durante um período máximo de dez anos. Era igualmente incentivado que todos os edifícios públicos estivessem sujeitos à certificação energética, assim como deveriam prestar informação ao público mediante a exibição clara dos respetivos certificados. Deste modo, os edifícios de âmbito público deveriam dar o exemplo no capítulo do desempenho energético (União Europeia, 2003).

Contudo, em 2010, a diretiva europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios foi revista. A diretiva 2010/31/EU, de 18 de junho, substitui a entretanto revogada 2002/91/CE de 16 de Dezembro. Esta alteração deveu-se, essencialmente, à vontade conjunta dos Estados-Membros em diminuir a dependência energética do exterior e à reformulação de objetivos de índole energética na União Europeia. A reformulação e definição de novos objetivos traduziram-se no lançamento de várias diretrizes, das quais faz parte a presente diretiva, que possibilitassem a concretização das novas metas propostas. A este novo conjunto de metas denominou-se “Plano de Acção Estratégico para a Energia”, sendo que as metas definidas passavam por (Balaras & Dascalki, 2011; Craveiro *et al.*, 2011; DIRECTIVA 2010/31/EU):

- Reduzirem 20% a emissão de gases com efeito estufa, comparando com os valores definidos em 1990;
- Aumentar em 20% da contribuição das energias renováveis no total de energia consumida;
- Reduzir em 20% a energia consumida, concretizável através de uma superior eficiência energética.

Deste modo, a principal mudança registada entre ambas foi o nível de exigência e a adição de novos requisitos. O principal foco das novas alterações centra-se na redução das necessidades

energéticas, aumentando a eficiência energética de modo a atingir o equilíbrio a longo prazo. As principais novas propostas encontram-se listadas em seguida (LiderA, 2010; Maldonado, 2010; DIRECTIVA 2010/31/EU).

- A emissão e afixação de um certificado de desempenho energético em todos os edifícios públicos passa a ser obrigatória para o bloco construído com uma área bruta mínima de 500 m<sup>2</sup> em 2012, passando esse valor para 250 m<sup>2</sup> em 2015, ao invés dos 1000 m<sup>2</sup> obrigatórios que vigorava até 2012;
- A partir de 31 de dezembro de 2018, todos os edifícios públicos- existentes ou novos - deverão ter necessidades quase nulas de energia;
- A partir de 31 de dezembro de 2020, todos os novos edifícios deverão ter necessidades energéticas quase nulas;
- A nova diretiva reforça a necessidade de uma superior integração das energias renováveis no tecido urbano, novo ou a existir, por forma a suprir, total ou parcialmente, as necessidades energéticas do parque edificado;
- Uma vez que a taxa de renovação do parque edificado se encontra a taxas muito baixas, deve ser implementado um plano de reabilitação ambicioso que permita reabilitar o parque edificado existente;
- Determina que todos os Estados-Membros tenham de implementar sistemas de certificação mais exigentes, sendo estes obrigatórios para todos os edifícios novos, e na venda e aluguer de edifícios existentes, exigindo a fixação dos certificados nos grandes edifícios frequentemente visitados pelo público.

Até 2020, estima-se que o impacto desta diretiva na redução do consumo de energia seja na ordem de 5 a 6% do total de energia consumida, correspondendo igualmente a uma redução de 5% do total das emissões de dióxido de carbono na União Europeia. A União Europeia determinou que vai apoiar os esforços no sentido de aumentar a tomada de consciência de todos os participantes envolvidos no processo de consumo de energia, introduzindo ao mesmo tempo mecanismos de financiamento de modo a ultrapassar as barreiras ao investimento no setor da construção (Balaras & Dascalaki, 2011)

### **2.8.3 Os Compromissos de Aalborg**

Em 1992, realizou-se a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, na qual se procuravam meios que concilhassem o crescimento socioeconómico e a preservação e proteção dos ecossistemas no planeta. Da conferência resulta a “Declaração do Rio sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento” e a “Agenda 21”. A Agenda 21 definia um conjunto de estratégias que visava alterar e inverter o processo de degradação ambiental e de que seria da competência de cada país criar, gerir e definir os seus respetivos vetores de ação, visando alcançar um desenvolvimento sustentável (Amado, 2012a).

Assim, e com o intuito de conferir um plano de ação junto das comunidades locais, surge a Agenda 21 Local. Cada município deveria entrar em diálogo com os seus cidadãos, empresas e organizações locais de modo a dar início ao processo de levantamento de dados com o propósito de adquirir informação necessária para formular as melhores estratégias que permitissem um desenvolvimento sustentável competitivo. Isto é, a Agenda 21 Local deseja promover a participação de todos, nos mais variados níveis, no processo de planeamento de um desenvolvimento sustentável (Amado, 2012a)

Em 1994, é realizada uma conferência na cidade dinamarquesa de Aalborg, a qual lançou a “Campanha Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis” e da qual resultou a elaboração de um documento, a Carta de Aalborg. Nesta carta encontravam-se definidas estratégias políticas para implementação da Agenda 21 a nível local. A carta redigida determinava que toda a autoridade, local ou regional, que assinasse o documento se encontrava obrigada a comprometer-se com as principais premissas do desenvolvimento sustentável, ressaltando-se modos de atuação que

visassem a proteção dos recursos ambientais de modo a melhorar as condições sociais e económicas dos sistemas urbanos (CEVS,1994).

Dois anos após a conferência de Aalborg, realiza-se a Segunda Conferência Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis denominada “Da Carta à Acção”, da qual resultou a criação de uma plataforma operativa da Carta de Aalborg, o Plano de Acção de Lisboa. Nesta conferência o principal objetivo era colocar na prática os princípios definidos pela carta de Aalborg, assinalando-se que um bom ponto de partida para a implementação de uma Agenda 21 Local passaria pela adoção e implementação dos princípios da carta assinada em 1994 (CECVS, 1996).

Volvidos 4 anos, no ano 2000, realizou-se a Terceira Conferência Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis, da qual resultava a declaração de Hannover. Desta conferência resultou igualmente a definição do primeiro conjunto de Indicadores Europeus de Desenvolvimento Sustentável, tendo como principal objetivo a monitorização da implementação das medidas e estratégias resultantes da Campanha Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis (CECVS, 2000).

Em 2004, a Quarta Conferência Europeia sobre Europeia Sustentáveis, em 2004, resultou na elaboração de um documento, Os Compromissos de Aalborg. Neste documento era definido que as cidades deviam ser a força condutora de todo o processo de desenvolvimento sustentável, dando continuidade a todas as conferências até então realizadas. Foram definidas um conjunto de medidas e estratégias, tendo em conta o papel fulcral dos centros urbanos no processo de desenvolvimento urbano sustentável, que conduzissem à criação de aglomerados urbanos sustentáveis, eficientes e responsáveis, das quais se destacam (CECVS, 2004):

- Reforçar os processos de Agenda 21 Local ou outros com vista ao desenvolvimento sustentável local e integra-los, de forma plena, no funcionamento da administração local;
- Reduzir o consumo de energia primária e aumentar a quota-parte de energias renováveis nesse consumo;
- Melhorar a qualidade do ar;
- Evitar os desperdícios de energia, e melhorar a eficiência energética;
- Promover ativamente a produção e o consumo sustentáveis;
- Evitar a expansão urbana, dando prioridade ao desenvolvimento urbano no interior dos aglomerados através da recuperação dos espaços urbanos degradados e assegurando densidades urbanas apropriadas;
- Assegurar a compatibilidade de usos ao nível dos edifícios e áreas urbanas, oferecendo adequado equilíbrio entre empregos, habitação e equipamentos, dando prioridade aos usos residenciais nos centros das cidades;
- Reduzir a necessidade de utilização de transporte individual motorizado e promover modos de transporte alternativos, viáveis e acessíveis a todos;
- Elaborar e seguir uma abordagem estratégica e integrada para minimizar as alterações climáticas, e trabalhar para conseguir níveis sustentáveis de emissões de gases geradores do efeito estufa;
- Integrar a política de proteção climática nas nossas políticas de energia, de transportes, de consumo, de resíduos, de agricultura e de floresta.

Da 5ª Conferência Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis resultava o comprometimento das autoridades locais em levar os Compromissos de Aalborg às “ruas” e estas aos Compromissos, envolvendo deste modo as empresas, associações, instituições e cidadãos locais (Amado, 2012a).

A última Conferência Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis, em Dunquerque, fechou com a realização de dois documentos: A Declaração de Dunquerque 2010 – Sustentabilidade Local e

o Apelo de Dunquerque – Acção pelo Clima. A concretização destes dois documentos visa garantir que todos os cidadãos europeus “pudessem participar ativamente num estilo de vida de baixo carbono, criando comunidades sustentáveis, inovadoras e inclusivas, tornando as cidades um lugar melhor para se viver” (Amado, 2012a). Desta conferência resultou igualmente a reafirmação da importância da concretização das metas propostas pelo Plano de Acção Estratégico para a Energia, anteriormente mencionadas (ESCTC, 2010).

## 2.9 Síntese do Capítulo

O aumento da população mundial e o desenvolvimento registado no último século resultaram em padrões de produção e consumo de energia insustentáveis sob os pontos de vista económico, social e ambiental.

Sendo as cidades um dos principais consumidores de energia e existindo a necessidade de alteração da realidade energética vigente, os principais atores e decisores políticos tomaram consciência de que era necessário alterar as atuais políticas para as cidades.

Deste modo, as atuais formas e modelos de ocupação foram colocados em causa, visto serem considerados os principais responsáveis pelos diversos processos de ineficiência energética ao nível dos centros urbanos.

O modelo de ocupação dispersa foi então criticado por ser grande consumidor de recursos naturais, o qual se configurava como sendo um modelo de ocupação pouco eficiente do ponto de vista energético.

Como resultado da tomada de consciência de que o modelo de ocupação vigente não se enquadrava num modelo de desenvolvimento urbano adequado, o planeamento surgiu, durante o século XX, como o principal instrumento de ordenamento do território e, consequentemente, como instrumento fulcral na mudança das formas e da organização espacial das cidades. A evolução do planeamento, enquanto disciplina autónoma, permitiu conferir à sua estrutura uma dimensão científica, conferindo rigor e clareza nos processos de tomada de decisão do ordenamento do território. No final do século XX, assiste-se à emergência do conceito desenvolvimento sustentável, o qual fez ressaltar a necessidade de que o planeamento urbano precisava de incluir, considerar e integrar a componente ambiental em todas as etapas do mesmo, substituindo a componente económica que à época vigorava como tendo o papel promotor de mudança da estrutura organizativa e espacial do território.

Ao longo do último século foi aberto um aceso debate em torno do melhor modelo de ocupação do território. Pese embora nenhuma proposta concreta tenha sido encontrada ao longo deste processo, concluiu-se que o atual modelo de ocupação dispersa não mais deveria ser incentivado, devendo ser substituído por um modelo de ocupação mais compacto. A densificação e o uso misto dos espaços urbanos seriam então as linhas orientadoras a considerar pelos diversos modelos de planeamento de modo a ser possível alcançar um novo modelo de ocupação do território e uma realidade energeticamente eficiente.

Surgiu então a necessidade de encontrar uma metodologia que se constituísse como um veículo que agregasse e traduzisse espacialmente todas as ideias e respostas até aqui definidas. A resposta apareceu sob o nome de Planeamento Urbano Sustentável. Este processo procurava basear todas medidas e estratégias, associadas ao planeamento do território, nas premissas do desenvolvimento sustentável, considerando ser a única solução adequada para os problemas apresentados pelas diversas dinâmicas existentes no tecido urbano.

De modo a respeitar e concretizar as premissas de um modelo assente no desenvolvimento sustentável dos sistemas urbanos, o processo de planeamento urbano procurou encontrar e

definir soluções que visassem a exploração, de forma responsável, das potencialidades oferecidas pelo sistema de suporte físico natural, nomeadamente o seu potencial climático. A presença dos agentes climáticos nos modelos de planeamento urbano incorre na concretização de elevados padrões de eficiência energética, a qual se constitui como um dos principais pilares no conceito de desenvolvimento sustentável.

A energia solar foi deste modo considerada como elemento preponderante e condicionante na adequação das formas urbanas a este agente climático, uma vez que a mesma oferece um conjunto de valências favoráveis à sua integração nos espaços urbanos e por outro lado permite a criação de espaços urbanos energeticamente eficientes. A plena integração desta fonte de energia renovável no meio urbano apenas é possível, por um lado, recorrendo a ferramentas de simulação informática que visem o estudo de definição de formas urbanas adequadas, e por outro lado, através da introdução de soluções construtivas no bloco edificado que concretizem todas as estratégias e medidas implementadas ao longo do processo operativo do planeamento urbano. De facto, o estudo de Ratti *et al.* (2005) estabeleceu, recorrente a modelos de simulação computadorizada, que a média do consumo de energia dos espaços afetados por sistemas solares passivos de ganho direto diminuía 19 a 25% quando comparado com os valores registados pelo consumo médio do todo o tecido urbano.

O crescente interesse na integração de novas fontes de energia nos centros urbanos resultou da mobilização dos atores políticos e da sociedade civil em torno da sustentabilidade do sistema de suporte natural. Um conjunto de documentos foi elaborado e redigido com o firme propósito de incentivar a construção de uma realidade sustentável a nível local, concretizável apenas através de medidas e estratégias que conduzam a um cenário energeticamente eficiente dos centros urbanos.

Deste modo, a introdução da energia solar no processo operativo do planeamento urbano contribuiu e conduziu para o aparecimento de uma nova abordagem ao planeamento urbano, o Planeamento Urbano Solar.



### **3. PARÂMETROS DO PLANEAMENTO URBANO SOLAR**

#### **3.1 Contexto**

A definição de um modelo de cidade sustentável e energeticamente eficiente afigura-se como sendo essencial enquanto elemento integrante da política de desenvolvimento global.

Entre os fatores que contribuem para a sustentabilidade de uma cidade, a energia desempenha um papel fundamental para alcançar o nível de desenvolvimento e competitividade ambicionado.

É necessário o claro entendimento de que a continuação destas práticas ao nível da produção, armazenamento, distribuição e uso de energia, quando associadas à previsão do aumento da necessidade de uso e consumo, tornam o atual cenário energético insustentável.

Assim, devem ser criadas todas as condições para a elaboração de uma metodologia que tenha como principal objetivo a eficiência energética em zonas urbanas, sendo a sua tradução física e espacial operada através da inclusão de uma etapa de desenho urbano no processo a elaborar.

A concretização de uma realidade urbana energeticamente eficiente e sustentável deve então ter em consideração a definição e posterior utilização de parâmetros que regulem, desde as etapas iniciais do desenvolvimento do novo espaço urbano, a etapa de desenho urbano. Um parâmetro pode assim ser visto como “(...) uma grandeza que pode ser medida com precisão ou avaliada qualitativamente/quantitativamente e que se considera relevante para a avaliação dos sistemas (...)” (DGOTDU, 2008, p.10).

A integração de parâmetros condicionados por aspetos de ordem energética, ao longo da etapa de desenho urbano do processo operativo do planeamento, possibilita a construção de um conjunto de condições favoráveis à eficiente utilização dos sistemas passivos e ativos (Baker & Steemers, 2000).

Apesar de se pretender uma maior objetividade para esta dissertação, a mesma afigura-se de difícil alcance, uma vez que atualmente apenas existem estudos sobre certos parâmetros, enquanto os restantes são considerados com valores previamente definidos, impossibilitando a quantificação exata da influência exercida por cada parâmetro. Ainda assim, é possível definir um conjunto de estratégias que incentivem uma diminuição do consumo energético e um aumento da produção local de energia através da utilização da energia solar (Papa *et al.*, 2014).

A introdução da energia solar no processo operativo do planeamento constitui uma base para um desenvolvimento sustentável. Contudo, não existem soluções gerais e iguais. Cada local analisado e estudado deve atender às suas próprias características e necessidades, precisando assim que sejam considerados todos os intervenientes locais para que o processo seja capaz de gerar um resultado eficiente e adequado às expectativas e ambições dos atores locais. Isto é, pretende-se que cada parâmetro a ser enunciado tenha em conta as condicionantes locais, e por isso seja moldado pelas mesmas de modo a produzir um resultado satisfatório (Higueras, 1997).

É devido à natureza destes parâmetros que não é possível definir um valor igual para todos os locais, variando esse valor em função das condições que cada local apresenta.

## 3.2 Vantagens

A introdução da componente energia nos parâmetros que afetam a organização estrutural do território urbano encerra em si um conjunto de possibilidades que não devem ser desconsideradas.

Deste modo, a integração de uma nova condicionante no desenho urbano das formas das cidades concorre para uma alteração da realidade energética e dos custos associados à transformação dos centros urbanos. Uma correta transformação do território conduz a uma diminuição dos consumos energéticos e a um reforço da utilização de energias de carácter renovável. Decorrente da transformação do cenário energético dos centros urbanos, torna-se possível reduzir a pressão sobre o sistema físico de suporte e retirar do mesmo proveitos económicos, ambientais e sociais (CMO & GEOTPU-UNL, 2013; Stremke, 2012; Vettorato, 2011a).

A redução do consumo de energia, utilizando estratégias construtivas do parque edificado, diminui a pressão sobre o meio ambiente, de que resulta a não alteração do seu limite da capacidade de carga e da respetiva renovação do mesmo.

A utilização de fontes de energia renováveis possibilita que sejam supridos, através destas mesmas fontes, um valor considerável dos consumos de energia, diminuindo a utilização de fontes não renováveis e reduzindo deste modo as emissões de gases com efeito estufa.

O respeito pelo meio ambiente deve ser atendido através da utilização de estratégias compatíveis e responsáveis com o sistema físico de suporte, seja pela redução do consumo de recursos não renováveis, seja pelo incremento da disponibilidade e, consequentemente, da qualidade dos recursos do sistema de suporte.

Decorrente das situações anteriormente descritas, a transformação física do território conduz a uma diminuição nos custos, quer de construção e manutenção quer de operação, do bloco edificado, conduzindo a um cenário constituído por elevadores padrões de eficiência económica.

Por último, e como consequência de uma responsável transformação do território, a qualidade de vida dos habitantes e utilizadores que usufruem dos espaços urbanos aumenta, objetivo primordial de um modelo de ocupação urbana que se pretende sustentável.

## 3.3 Proposta de Parâmetros

A aplicação de parâmetros no processo de planeamento urbano, nomeadamente na etapa de desenho do plano, é decorrente da necessidade de parametrizar a realidade física de forma qualitativa e/ou quantitativa. A utilização de parâmetros como modo de controlar o desenho urbano é prática corrente, centrando-se, deste modo, a novidade no facto de que a alguns destes parâmetros é possível associar as condicionantes determinadas pelo potencial que a energia solar introduz no processo operativo do planeamento.

Deste modo, a introdução de mais uma condição - neste caso, a energia solar - na definição final dos vários aspetos que concorrem para a formalização de uma proposta de desenho urbano, torna o processo de planeamento mais completo e capaz de concretizar na prática a construção de um parque edificado com elevados padrões de desempenho energético. De facto, a integração da energia solar nos processos de planeamento visa aumentar a produção de energia nos aglomerados e diminuir as necessidades energéticas - aquecimento e iluminação natural - do bloco edificado.

A escolha dos parâmetros a seguir listados foi decorrente das relações de interdependência entre os mesmos e da relação direta que estes possuíam com o desempenho do bloco edificado. De



outra forma, foram escolhidos os parâmetros que apresentavam um certo grau de independência entre si e que, por outro lado, estabeleciam uma relação direta com a realidade energética do parque edificado.

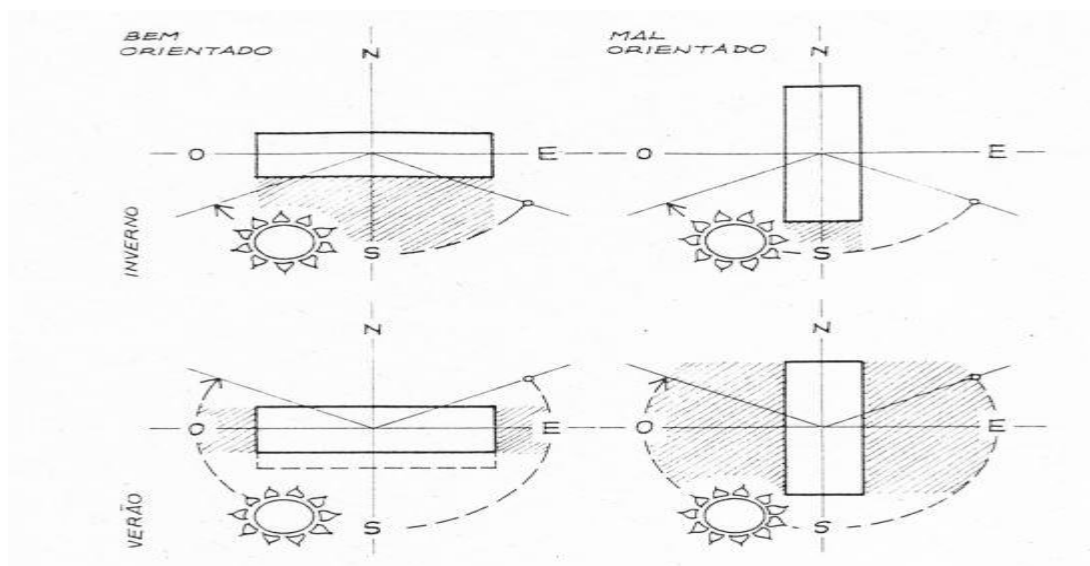
Por último, os parâmetros encerram em si uma dimensão global, não sendo por isso definidos e indicados valores fixos, uma vez que as condicionantes locais poderão não permitir a utilização desses valores, optando-se pela utilização de intervalos de valores, os quais conduzem a elevados padrões de desempenho energético. De modo a definir os intervalos de valores que concorrem para elevados padrões de eficiência energética, são apresentados alguns estudos que fornecem uma visão mais completa e concreta do impacto que a introdução da componente energia nos diversos parâmetros possui no desempenho energético. Deste modo, são enunciados, quer os intervalos de valores, quer os processos energéticos que vêm a sua estrutura alterada pela inclusão da energia solar no desenvolvimento e organização do território.

**Quadro 3.1 – Parâmetros Propostos**

<b>Parâmetros</b>
Orientação da Rede Viária
Geometria do Espaço Urbano
Profundidade da Edificação
Tipologia das Coberturas

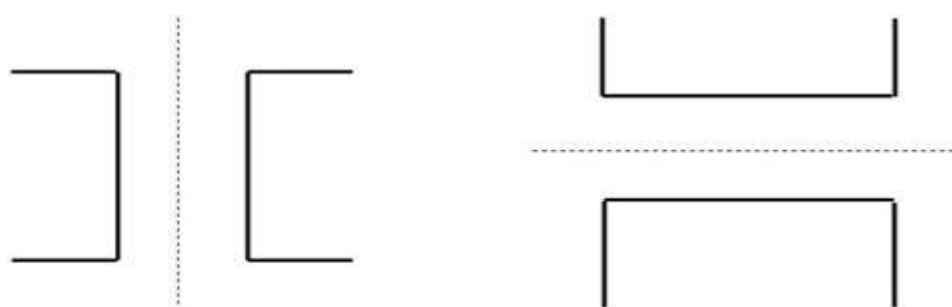
### **Orientação da Rede Viária**

A orientação da rede viária define à partida a orientação preferencial do edificado. A orientação fica definida consoante o eixo considerado para o arruamento, caso as fachadas se encontrem confinadas pelo traçado viário. Por exemplo, caso o traçado viário se encontre disposto ao longo do eixo este-oeste, o edificado apresenta fachadas principais dispostas ao longo do eixo norte-sul. Caso os arruamentos se encontrem dispostos segundo o eixo norte-sul, as respetivas fachadas principais devem-se encontrar colocadas segundo o eixo este-oeste (CMO & GEOTPU-UNL, 2013; Higuera, 2006). Devido às alterações do percurso do Sol ao longo do ano, um edificado disposto segundo um eixo norte-sul apresentará ganhos energéticos superiores no inverno e menores no verão, acontecendo o oposto nas fachadas dispostas num eixo este-oeste. De facto, no caso de fachadas dispostas segundo um eixo este-oeste, o Sol, durante a estação de aquecimento, nas primeiras horas do dia surge num quadrante sudeste e põe-se no quadrante sudoeste. No verão, o Sol surge num quadrante de este e põe-se a oeste, tendo uma perpendicularidade superior no verão e menor no inverno. Ao longo do dia, o Sol atinge uma altura superior no verão, determinando desse modo uma menor perpendicularidade em relação aos planos verticais das fachadas, diminuindo a quantidade de radiação solar direta incidente (Henriques, 2007; Olgyay, 1963).



**Figura 3.1 – Percurso solar ao longo do ano para um local situado no hemisfério norte (adaptado de Amado, 2014a)**

A orientação da rede viária possui igualmente uma ampla relação com a quantidade de radiação solar que incide sobre as superfícies constituintes do tecido urbano ao longo do dia. Deste modo, as fachadas orientadas segundo um eixo norte-sul apresentam valores e padrões de insolação diferentes dos registados nas fachadas dispostas segundo o eixo este-oeste. No caso das fachadas orientadas a sul, assiste-se ao longo do dia uma variação superior nos valores de insolação, atingindo-se o pico nas 4 horas centrais do dia, das 10 às 14 horas, as quais são responsáveis por 75% do total de radiação solar incidente (Higueras, 2006; Serra, 1989). No caso das fachadas orientadas segundo este-oeste, estas fachadas possuem, entre as mesmas, valores diferenciados durante o dia, sendo que durante o período matutino a fachada voltada a este possui valores mais elevados de insolação, enquanto a fachada oeste obtém valores semelhantes durante o período vespertino. Ambas as fachadas possuem, no entanto, valores semelhantes no que concerne aos tempos de insolação apresentados ao longo do dia (Tereci *et al.*, 2010).

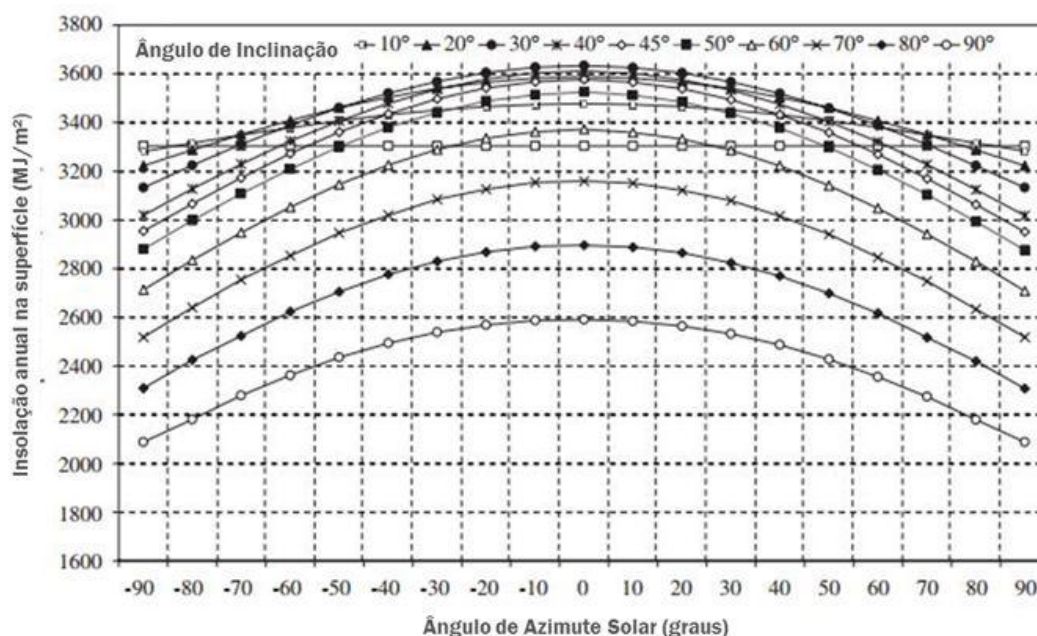


**Figura 3.2 – Orientação das fachadas consoante o eixo viário considerado (Higueras, 2006)**

Como exemplo refere-se o estudo realizado por Hachemet *al.* (2012) que incidiu sobre o impacto que a orientação de um bloco edificado possui na estrutura energética apresentada pelo mesmo ao longo de um ano. O estudo concluiu que, efetivamente, a orientação tem um papel relevante na definição dos processos energéticos do parque edificado, onde se constatou que à medida que o bloco edificado se afastava da sua orientação ótima - orientação sul - o mesmo apresentava valores inferiores no consumo de energia devido à menor radiação incidente sobre

as fachadas principais do bloco. Verificou-se, de facto, que adotando uma orientação do bloco edificado 60° afastado da orientação ótima se obtinha uma quebra em 31,5% dos consumos energéticos superiores. Caso se adotasse uma orientação 30° afastado da orientação sul, registava-se uma quebra de 10% nos consumos de energia da edificação.

O estudo realizado por Mondol *et al.* (2007) consistiu na colocação de sistemas ativos solares mediante diferentes ângulos de inclinação e de azimute solar - debruçando-se em diferentes intervalos pré-definidos e abrangendo todas as orientações entre este e oeste-, simulando deste modo diversas superfícies horizontais, inclinadas ou verticais, as quais não se encontravam sombreadas por qualquer objeto de cariz antropogénico ou natural. O estudo concluiu deste modo que, de facto, uma correta orientação e inclinação resultam num aumento significativo da radiação solar incidente nas superfícies do bloco edificado. O estudo simulava as condições climáticas de uma latitude a norte, no qual se concluiu que a orientação preferencial, ao longo do ano, seria a orientação a sul, resultando na diminuição dos valores de capacidade de produção de energia à medida que os sistemas ativos se iam afastando desta orientação. Efetivamente, o estudo foi igualmente conclusivo quanto às superfícies verticais. Nestas, uma vez mais, verificou-se que a orientação preferencial seria a sul, vindo os seus valores de produção de energia diminuir à medida que a orientação se aproxima de este ou oeste.



**Figura 3.3 – Variação da insolação anual nas superfícies expostas em função do ângulo de inclinação e do ângulo de azimute solar, para uma latitude 54° Norte (Mondol *et al.*, 2007)**

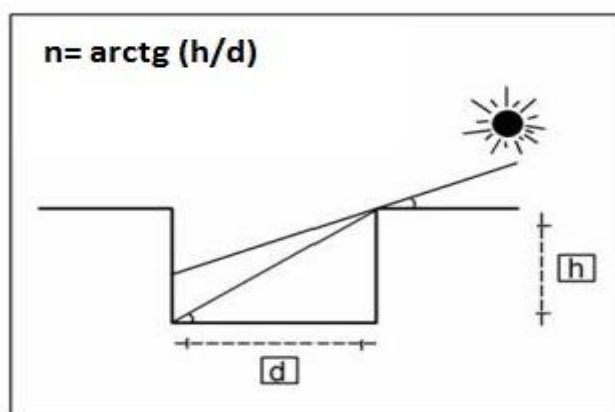
O traçado da rede viária, em última análise, permite definir as condições do conforto visual, os processos de aquecimento e a capacidade produção de energia a partir dos sistemas ativos, obtendo-se desse modo uma superior qualidade ambiental do ar e níveis elevados de radiação solar incidente.

Atendendo à relação de dependência entre a orientação do traçado viário e a orientação das fachadas, a avaliação referente ao presente parâmetro permite a utilização de duas metodologias. A primeira avalia a orientação final do traçado viário e a segunda avalia a orientação das fachadas que confinam o arruamento. Deste modo, qualquer das metodologias pode ser aplicada no estudo deste parâmetro.

De facto, os valores a incluir nos projetos urbanísticos deverão ter em consideração que a fachada a sul apresenta melhores resultados ao longo, quer nos padrões de consumo quer nos padrões de produção de energia, podendo ser igualmente considerados valores de rotação da rede viária - disposta no eixo este-oeste - até 30° a sul, ou norte – mediante o local geográfico estudado. Deve assim ser considerado, nos novos projetos urbanísticos, a maximização - do valor relativo à dimensão da rede viária - de um traçado disposto segundo o eixo este-oeste.

### Geometria do Espaço Urbano

Este parâmetro é definido pela relação da altura das edificações com a distância entre fachadas opostas de diferentes edifícios. Ou seja, é através da utilização do ângulo, resultante da relação anteriormente enunciada, que se define, até uma certa extensão, a quantidade de radiação solar que incide sobre as fachadas principais da edificação. Quanto maior for a largura do perfil transversal da rua, maior será a quantidade de energia que incide sobre as fachadas e consequentemente maior será a quantidade de energia incidente no *canyon* urbano. A relação definida anteriormente é variável de local para local, uma vez que a relação pode ser menor mediante a posição geográfica e topográfica do arruamento, o clima local, entre outros fatores que concorrem na definição de um valor responsável para este parâmetro (DeKay, 2010; Sonza *et al.*, 2010; Higuera, 2006).



**Figura 3.4 – Relação altura-largura do espaço urbano (Higuera, 2006)**

Deste modo, a definição deste ângulo tem uma grande influência no desempenho energético do tecido urbano. De facto, o ângulo definido pela dimensão transversal dos arruamentos e pela altura do bloco edificado altera a quantidade de radiação solar incidente nas superfícies do parque edificado. Como resultado, são verificadas profundas alterações nos consumos de energia associados às necessidades energéticas de aquecimento e iluminação natural. Por outro lado, os sombreamentos provocados por uma inadequada definição da geometria do espaço urbano podem resultar em perdas vincadas na capacidade de produção de energia., quer nas fachadas quer nas coberturas, traduzindo-se num inferior desempenho energético do centro urbano (Higuera, 2006; Serra, 1989; Strømman-Andersen & Sattrup, 2011).

Deste modo, e segundo Higuera (2006) e Serra (1989), o perfil transversal da rede viária deve respeitar, no mínimo, a regra  $D=H$  - onde  $D$  é a distância entre edificações paralelas e  $H$  é a altura do edifício.

Determina-se assim que este ângulo deve ter um valor igual ou inferior a 45°. No entanto, e mediante determinadas latitudes, a altura do Sol no solstício de inverno é bastante menor, o que se traduz num menor ângulo com a horizontal, facto este que impossibilita os pisos inferiores de possuírem acesso direto à radiação solar. Assim, e segundo Higuera (2006), a solução ótima

seria, de facto, a utilização de ângulos semelhantes àqueles obtidos pela altura solar com o plano horizontal, caso se pretenda que os pisos mais baixos do bloco edificado recebam radiação solar direta. Deste modo, o ângulo será variável consoante o local geográfico no qual se insere o perfil transversal estudado (CMO & GEOTPU-UNL, 2013; Higuera, 2006).

Como exemplo apresenta-se a estratégia ótima a implementar em climas temperados, na qual se deve estabelecer que a relação entre a altura do edificado e a distância entre fachadas opostas deve ser tal que permita o piso térreo obter acesso direto à radiação solar ao longo do período de tempo correspondente às horas de maior intensidade da mesma durante o solstício de inverno - período de menor ângulo de radiação incidente na fachada principal (Santamouris, 2001 citado por Marins, 2010).

Hachem *et al.* (2012) revelaram no seu estudo uma estreita relação entre os consumos de energia e o espaçamento entre as fachadas opostas, simulando o clima de Montreal. De facto, quando a distância entre as fachadas se cifrava em 5 e 10 metros, as necessidades de aquecimento aumentavam 70% e 30%, quando comparadas com blocos sem qualquer obstrução. O mesmo estudo avaliou igualmente a capacidade de produção de energia a partir das coberturas do modelo urbano a simular. Concluiu-se que para um espaçamento inferior a 5 metros, num dia típico de inverno, a capacidade de produção de energia ficava reduzida em 7%, quando comparado com um bloco edificado sem qualquer obstrução.

Um outro estudo, realizado por Strømman-Andersen e Sattrup (2011) e no qual eram simuladas as condições meteorológicas de Copenhaga, concluiu que o aumento em seis vezes da relação altura-largura - de 0,5 para 3,0 - resultou numa diminuição em cerca do dobro dos ganhos solares nas fachadas voltadas a sul. Igualmente, o estudo registou, perante um aumento de seis vezes da relação em epígrafe, um aumento na utilização de iluminação artificial em cerca de quatro vezes.

O presente parâmetro define a quantidade de radiação solar que incide sobre as superfícies do bloco edificado. Como resultado, o parâmetro altera de forma significativa os processos lumínicos e térmicos - necessidades de aquecimento -, assim como a capacidade de produção de energia nas fachadas e coberturas do tecido urbano.

Deste modo, as estratégias a implementar devem corresponder àquelas que garantem o respeito pelo intervalo de valores, o qual deverá apresentar como valor mínimo uma relação  $D=H$  e como valor ótimo todos os ângulos resultantes da relação em epígrafe iguais ou inferiores ao ângulo de altitude solar.

### **Profundidade da Edificação**

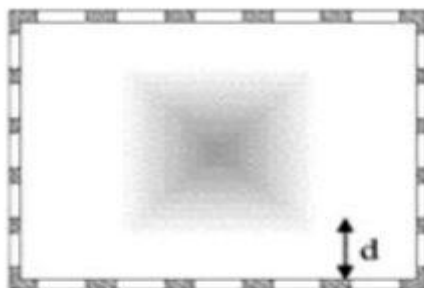
As formas do bloco edificado têm sido, ao longo da história da Homem, alvo de atenção e por isso têm sido, frequentemente, estudadas estratégias que procuram a construção de abrigos eficientes e adaptáveis ao meio onde eram implantados.

A profundidade do bloco edificado é um dos parâmetros que define a forma das edificações. O seu estudo e posterior definição é relevante pelo impacto que possui nos padrões de consumo e produção de energia. A produção de energia é afetada pela área de superfície disponível para colocação de sistemas solares ativos, nomeadamente a área referente às coberturas. Por outro lado, uma edificação com uma profundidade adequada possibilita boas condições lumínicas e térmicas, resultando deste modo na diminuição da fatura energética (Baker & Steemers, 2000; Mendonça, 2005; Steemers, 2003).

No caso da iluminação natural e das necessidades de aquecimento, a possibilidade de existência de zonas passivas - espaços diretamente iluminados e aquecidos pela radiação solar, direta ou indiretamente - e zonas não passivas - espaços onde apenas é possível a utilização de iluminação artificial e de meios mecânicos de climatização - deve ser analisada e estudada por forma a se

encontrar uma responsável e correta conjugação do bloco edificado com estes fatores, sendo que a existência em número elevado de espaços que necessitem de iluminação artificial, qualquer que seja o clima considerado, acabará por ter um impacto negativo na fatura energética (Ratti *et al.*, 2005; Vettorato, 2011b;).

De facto, Ratti *et al.* (2005), Mendonça (2005) e Steadman *et al.* (2009) definem nos seus estudos que as zonas passivas podem ser definidas como as áreas que se encontrem ao longo do perímetro da superfície exterior e que possuam uma distância a esta de duas vezes a altura do piso, ou uma distância de 5 a 7 metros da superfície exterior do edifício. Este é o valor em torno do perímetro que potenciam elevados padrões de conforto térmico e iluminação natural.



**Figura 3.5 – Zona passiva vs Zona não passiva  
(Mendonça, 2005)**

Baker e Steemers (2000) revelaram no seu estudo que a fatura energética devido à utilização da iluminação artificial poderia ser reduzida para metade caso se optasse por edifícios de menor profundidade, e no caso de edifícios de escritórios com profundidades inferiores a 15 metros, a iluminação natural poderia cobrir 70% das necessidades de iluminação durante o respetivo horário de funcionamento. Este último resultado apenas possui esta expressividade caso se encontre associado a outras medidas de eficiência energética, como é o caso da utilização de sistemas de Ganho Direto (Baker & Steemers, 2000).

Os valores a atribuir à profundidade deverão respeitar que a distância os planos formados pelas fachadas principais opostas do bloco edificado não deverão exceder o valor equivalente à distância correspondente às zonas passivas já enunciadas, tendo em consideração no valor final da sua definição o valor de profundidade a adotar terá impacto significativo nos padrões de consumo e produção de energia apresentados pelo sistema urbano.

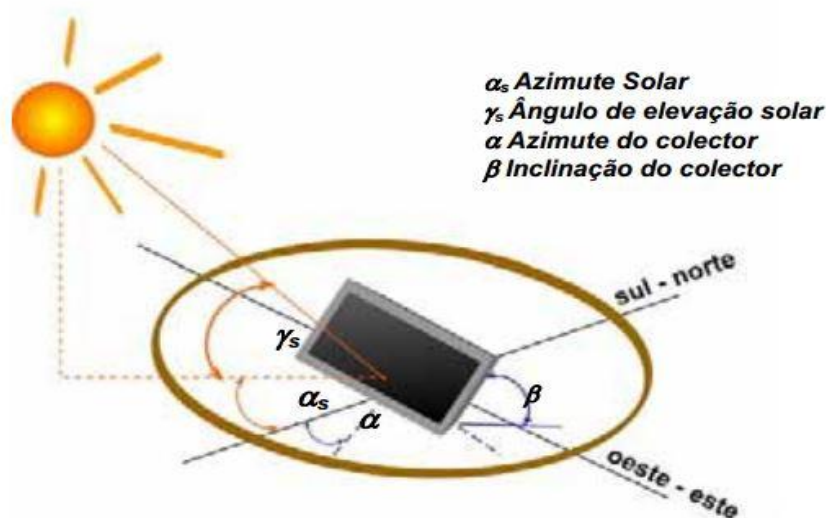
### **Tipologia de Coberturas**

A capacidade de produção de energia em meio urbano está fortemente dependente da insolação solar do local, da dimensão e da eficiência dos sistemas modulares fotovoltaicos. Ora, sendo a eficiência um aspeto de ordem técnica e a insolação dependente da posição geográfica do local, o fator dimensão passa a revestir-se de extrema importância. Perante um cenário de densidade moderada, como postulado para o modelo de ocupação compacta, o grande potencial de produção de energia em meio urbano, através de painéis fotovoltaicos, reside na área disponível das coberturas dos edifícios. A dimensão da cobertura disponível está dependente da área efetiva sobre a qual se pode instalar os sistemas modulares. Assim, a opção por uma adequada tipologia de cobertura, possibilita uma superior capacidade de produzir energia em meio urbano. (Izquierdo *et al.*, 2008)

Assim, do ponto de vista da eficiência dos sistemas de produção de energia individualizados, a cobertura plana é uma escolha correta, uma vez que permite captar radiação solar na quase totalidade da sua área (Kanters & Wall, 2014).

A cobertura inclinada, caso apenas seja de uma água e se encontre orientada corretamente, é também um elemento a ter em conta, ficando a escolha por este tipo de cobertura apenas dependente da existência de edifícios próximos. Nos restantes casos de coberturas inclinadas, a implantação deste tipo de cobertura tem uma eficiência energética inferior, resultante de faces com menor potencial solar (Kanters & Wall, 2014).

Para além da tipologia da cobertura, surge outro fator dependente da tipologia da cobertura: a inclinação. A inclinação ótima do painel solar está dependente do estudo do percurso do Sol – variável de local para local - ao longo do dia e do ano, bem como da inclinação que o painel deve possuir para maximizar os ganhos de energia. Esta inclinação está dependente, por sua vez, da pendente da própria cobertura e da inclinação da estrutura de suporte do painel. O estudo e a conjugação destes dois fatores possibilitam retirar a máxima eficiência do painel. Da afirmação anterior é possível retirar que, mesmo em coberturas com orientação correta, as mesmas podem não ser adequadas devido a uma incorreta inclinação, nomeadamente inclinações que excedem o valor de inclinação ótimo (Amado & Poggi, 2012; Greenpro, 2004b).



**Figura 3.6 – Ângulos da cobertura consoante o percurso solar**  
(Greenpro, 2004b)

O estudo de Mondol *et al.* (2007) permitiu concluir que a inclinação e orientação ótima revelam valores de produção de energia superiores. Deste modo, para um local situado numa latitude a norte, observou-se que o valor ótimo de inclinação e orientação apresentavam valores de produção de energia elétrica superiores a 25%, quando analisadas em conjunto com uma orientação a este-oeste e uma inclinação de 70°. Os resultados obtidos pelo estudo permitiram concluir que, de facto, a tipologia das coberturas deve ser considerado como sendo um elemento chave na construção de uma realidade energética sustentável.

Do ponto de vista do planeamento urbano, este é um dos parâmetros que mais influencia a capacidade de produção de energia de um local. A produção de energia em coberturas encontra-se fortemente dependente da área, da inclinação e orientação das coberturas. No entanto, a definição dos valores concretos para estes três aspetos encontram-se dependentes do percurso solar, sendo que este varia de local para local. Assim, os atores intervenientes no processo devem definir, mediante as condições locais, o valor que melhor potencia a capacidade de produção de energia, sendo de referir que a opção ótima corresponderá a adoção de uma cobertura plana ou inclinada apenas a sul, devendo ser considerado nesse caso a utilização de

um ângulo de inclinação igual ou inferior ao ângulo ótimo que permita o maior rendimento possível das células fotovoltaicas.

### 3.4 Construção de Indicadores

Após a introdução dos parâmetros, torna-se evidente a necessidade da construção e definição de meios que permitam, aquando do término do processo, um acompanhamento periódico e permanente sobre as medidas e estratégias definidas ao longo das etapas anteriores. A monitorização é realizada através de um conjunto de indicadores que permitem fazer uma avaliação quantitativa e qualitativa da implementação das demais estratégias.

Segundo a OCDE (2008, p.13), formulando uma definição do conceito:

“...um indicador é uma medida quantitativa ou qualitativa que deriva de uma série de fatos observados que podem revelar posições relativas de uma determinada área. Quando avaliados em intervalos regulares, um indicador pode apontar a direção da mudança através de diferentes unidades e através do tempo. No contexto da análise de políticas, os indicadores são úteis para identificar a tendências e chamar a atenção para determinadas questões. Como também podem ser úteis na definição de prioridades políticas e na aferição ou monitorização do desempenho. Um indicador composto é criado quando um conjunto de indicadores individuais é compilado num índice individual de um modelo subjacente. O indicador composto deve idealmente medir conceitos multidimensionais que não pode ser captado como um indicador individual, i.e. competitividade, industrialização, sustentabilidade, entre outros.”

Importa ressaltar a definição do conceito por Martins e Cândido (2011):

“Em busca de uma forma de quantificar a sustentabilidade, os indicadores de sustentabilidade são essenciais para orientar o processo de desenvolvimento em bases sustentáveis, através da operacionalização de um conjunto de variáveis que são relevantes para a comunicação de informações e, por conseguinte, para a compreensão da realidade investigada, servindo de guia para a construção de soluções sustentáveis.”

Ainda segundo a Direção Geral do Ambiente (2000, p.10):

“Indicador – parâmetros selecionados e considerados isoladamente ou combinados entre si, sendo de especial pertinência para refletir determinadas condições dos sistemas em análise (normalmente são utilizados com pré-tratamento, isto é, são efetuados tratamentos aos dados originais, tais como médias aritméticas, percentis, medianas, entre outros”

Contudo, ao se definir um conjunto de indicadores é necessário ter em consideração que estes não devem apenas revelar aspetos parciais ou recortes de uma realidade complexa e composta por um sem número de fatores que se encontram relacionados entre si (Martins & Cândido, 2011).

É precisamente por esta aparente simplicidade que os indicadores têm visto a sua operacionalidade posta em causa devido à complexidade inerente ao processo de planeamento urbano.

Grande parte destes indicadores tendem a ser bastante simplificados, não tendo em consideração, quer a complexidade quer as relações de dependência - entre os mesmos - associadas a um processo de planeamento urbano. No entanto, para a presente metodologia, é precisamente a clareza e simplicidade que torna óbvia a utilização de um indicador, já que se pretende obter informações simples que consubstanciem a formulação de uma imagem acerca



de uma realidade complexa (DGA, 2000; Nogueira, 2011). De facto, e citando Gouzee *et al.* (1995, citado por DGA, 2000, p.10) “(...)uma descida de pressão de um barómetro pode indicar a aproximação de uma tempestade.”.

**Quadro 3.2 – Vantagens e Desvantagens da utilização de indicadores (DGA, 2000)**

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação dos níveis de desenvolvimento sustentável</li> <li>• Capacidade de sintetizar a informação de carácter técnico/científico</li> <li>• Identificação das variáveis-chave do sistema</li> <li>• Facilidade em transmitir a informação</li> <li>• Bom instrumento de apoio à decisão e aos processos de gestão industrial</li> <li>• Sublinhar a existência de tendências</li> <li>• Possibilidade de comparação com padrões e/ou metas pré-definidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inexistência de informação base</li> <li>• Dificuldades na definição de expressões matemáticas que melhor traduzam os parâmetros seleccionados</li> <li>• Perda de informação nos processos de agregação de dados</li> <li>• Diferentes critérios na definição dos limites de variação do índice em relação às imposições estabelecidas</li> <li>• Ausência de critérios robustos para seleção de alguns indicadores</li> <li>• Dificuldades na aplicação em determinadas áreas como o ordenamento do território e a paisagem</li> </ul>

A construção dos indicadores teve como principal foco a possibilidade de os mesmos monitorizarem a implementação do plano concebido na etapa referente à formulação do plano, e consequentemente verificarem a efetiva implementação dos parâmetros propostos. É então possível, a partir da monitorização dos parâmetros, verificar se o novo aglomerado reúne todas as condições que favoreça a construção dum comportamento energético coadunado com os pressupostos teóricos de um desenvolvimento urbano sustentável. Deste modo, os indicadores propostos - e a sua respetiva ponderação - encontram-se seguidamente listados:

- Orientação da Rede Viária (25%)
- Geometria do Espaço Urbano (25%)
- Profundidade da Edificação (25%)
- Tipologia das Coberturas (25%)

### **Orientação da Rede Viária**

Este indicador fornece dados sobre dois tipos de informação: direta e indireta. A informação direta corresponde aos dados recolhidos acerca da orientação do traçado da rede viária e a

informação indireta decorre da direta e corresponde à orientação das fachadas (Silveira & Romero, 2005).

A orientação das fachadas do parque edificado é definida pelo eixo em que se situa o traçado das ruas. Como tal, a orientação das ruas influencia fortemente a capacidade de produção de energia nas fachadas e coberturas e tem igualmente forte influência na diminuição dos consumos energéticos, uma vez que fachadas principais orientadas de modo correto permitem obter ganhos solares consideráveis no interior das habitações.

O presente indicador é expresso em percentagem, e estabelece que o novo meio urbano deverá possuir 45% do total de arruamentos dispostos segundo uma orientação que varie entre 0 e 30° sul do eixo este-oeste. Segundo o estudo de Mondol *et al.* (2007), a capacidade de produção de energia das fachadas orientadas a 30° sul do eixo este-oeste alcançava valores inferiores a 10% do total obtido pela orientação ótima - orientação a sul. Segundo outro estudo, de Hachem *et al.* (2013), concluiu-se que de facto a variação dos padrões de consumo de energia ao longo de um ano relativo ao bloco edificado orientado a sul correspondia a um valor não superior a 10% ao registado pelo mesmo bloco quando este se encontrava orientado 30° a sul, ou norte – mediante o hemisfério considerado - do eixo este-oeste.

### **Geometria do Espaço Urbano**

A altura do bloco edificado em meio urbano encontra-se dependente de um conjunto de condicionantes que possibilitam a definição da largura da rede viária. Uma das condicionantes mencionadas é precisamente a necessidade de insolação dos arruamentos, das fachadas e coberturas do sistema urbano, promovida pela definição da largura e altura do perfil transversal do arruamento.

A introdução deste indicador visa então avaliar a implementação do seu respetivo parâmetro. Os valores limite considerados serão aqueles que possibilitem o acesso direto à radiação solar. Deste modo, os valores, máximo e mínimo, a considerar correspondem à relação que respeite o ângulo de altitude solar previsto para as horas principais do dia durante o solstício de inverno e ao ângulo que respeite a relação  $D=H$ , respetivamente (Higueras, 2006; Strømman-Andersen & Sattrup, 2011).

### **Profundidade da Edificação**

A forma do edificado tem um profundo impacto nos consumos de energia, quer devido às necessidades e aquecimento quer devido à utilização de iluminação artificial, tendo igual importância nas variações dos padrões de produção de energia. O presente indicador pretende inferir acerca da profundidade que deverá ser adotada para equilibrar o binómio consumo-produção de energia.

A profundidade de um edifício determina, em parte, a dimensão da área de cobertura e fachada exposta e apta a receber os sistemas solares ativos, sendo relevante considerar intervalos de valores que efetivamente possuam a capacidade de explorar, ativa ou passivamente, o potencial solar de cada local (Bouyer *et al.*, 2009).

Neste caso, o parâmetro verá a sua ponderação máxima atribuída aos edifícios que possuam profundidades de 15 metros, obtendo-se o menor valor em edifícios que apresentem profundidades de 6 metros (Baker & Steemers, 2000; Ratti *et al.*, 2005; Mendonça, 2005).

### **Tipologia das Coberturas**

A tipologia da cobertura tem um relevante impacto na definição do potencial solar de todo o aglomerado, dado que é a partir da mesma que se calcula o potencial de produção de energia térmica e /ou elétrica ao longo do tempo de utilização da mesma.

O presente indicador avaliará o número de coberturas que se encontram efetivamente aptas para receber as demais tecnologias solares, configurando-se neste caso como elemento preponderante na definição do potencial solar do sistema urbano. A ponderação avaliará deste modo a área total de coberturas planas, ou inclinadas a sul ou norte - mediante o hemisfério considerado - com uma inclinação inferior ao ângulo ótimo que maximize a produção de energia ao longo do ano. Caso 90% da área das coberturas apresentadas pelo tecido urbano corresponda às tipologias supracitadas, a pontuação será máxima. O valor mínimo será atribuído quando nenhuma das coberturas do tecido urbano apresentar uma tipologia de cobertura que respeite o ângulo que maximize a capacidade de produção de energia (Kanters & Wall, 2014).

### **3.5 Construção da Metodologia**

A metodologia proposta é constituída por quatro etapas. Pretende-se que a mesma sirva de base a um planeamento que permita alcançar um parque edificado com balanço energético nulo ou com uma capacidade de produção de energia superior aos padrões de consumo apresentados pelo mesmo. Assim, a metodologia terá de respeitar as condicionantes locais, mitigando os aspetos negativos e maximizando as potencialidades locais.

Embora a metodologia seja composta por diversas etapas, esta deverá ser concretizada de forma sequencial, prevendo, em algumas sub-etapas, relações de dependência entre as mesmas, obrigando a uma validação de cada uma delas e de todas no geral. As etapas que constituem o cerne da presente metodologia são:

- 1) Identificação e Definição;
- 2) Situação de Referência;
- 3) Conceção do Plano;
- 4) Implementação do Plano

A primeira etapa constitui-se como um elemento referencial de todo o projeto. Nesta etapa está previsto a definição e identificação dos objetivos, estratégias e metas, terminando com a elaboração de um relatório preliminar que permita identificar os objetivos principais a ter em conta, o modo como devem ser concretizados os objetivos e quais as metas a estabelecer no novo espaço urbano.

A segunda etapa consiste no levantamento de dados do atual estado do território. A etapa deve incluir elementos de composição do sistema urbano relativos ao local de implementação do novo espaço urbano e da sua área envolvente. A presente etapa termina com uma análise *swot*, a qual deverá permitir visualizar os pontos fortes e fracos, as ameaças e as oportunidades decorrentes do novo espaço urbano a implementar. Mediante os resultados e valores recolhidos durante o diagnóstico realizado ao longo da etapa, poderá ser necessário redefinir as estratégias e metas traçadas na etapa inicial da metodologia, uma vez que o potencial físico apresentado pelo território poderá apresentar entraves ou oportunidades que deverão ser consideradas ao longo do atual processo operativo.

A terceira etapa é denominada de Conceção do Plano. É nesta etapa que se construirá o novo sistema urbano, tendo em conta todos os elementos provenientes da etapa anterior e na qual se deverá aproveitar todo o potencial físico apresentado pelo território a transformar. A etapa é constituída pelas sub-etapas Desenho do Plano Urbano e Simulação do Plano. De modo a revestir a etapa de elementos fundamentais no garante de um desenvolvimento urbano energeticamente eficiente, deve ser considerada uma retroatividade durante a mesma de modo a que se torne possível a construção de um modelo ótimo que potencie todas as qualidades físicas encontradas no local em estudo. Desta etapa resultará a formulação da melhor proposta, a qual será posteriormente utilizada para implementação no local.

A quarta etapa consiste na implementação do plano formulado na terceira etapa, o qual deverá respeitar na íntegra o plano de desenho urbano adotado. Para que efetivamente a proposta formulada seja efetivamente implementada, será necessário recorrer a três instrumentos fundamentais: a utilização de guias de operação, a participação da comunidade local como elemento regulador e a monitorização da adoção do plano mediante a utilização de indicadores construídos para o efeito. De facto, estes três elementos serão o baluarte de todo o processo de implementação, onde, através dos mesmos, será possível concretizar e regular a adoção da proposta formulada. A presente etapa, devido à sua natureza, poderá não se limitar a ter apenas um papel de regulação e monitorização, uma vez que podem ser recolhidos dados necessários sobre os quais se possam retirar conclusões sobre o plano implementado, servindo igualmente de base para a formulação de planos posteriores que visem corrigir os desajustes identificados no novo sistema urbano.

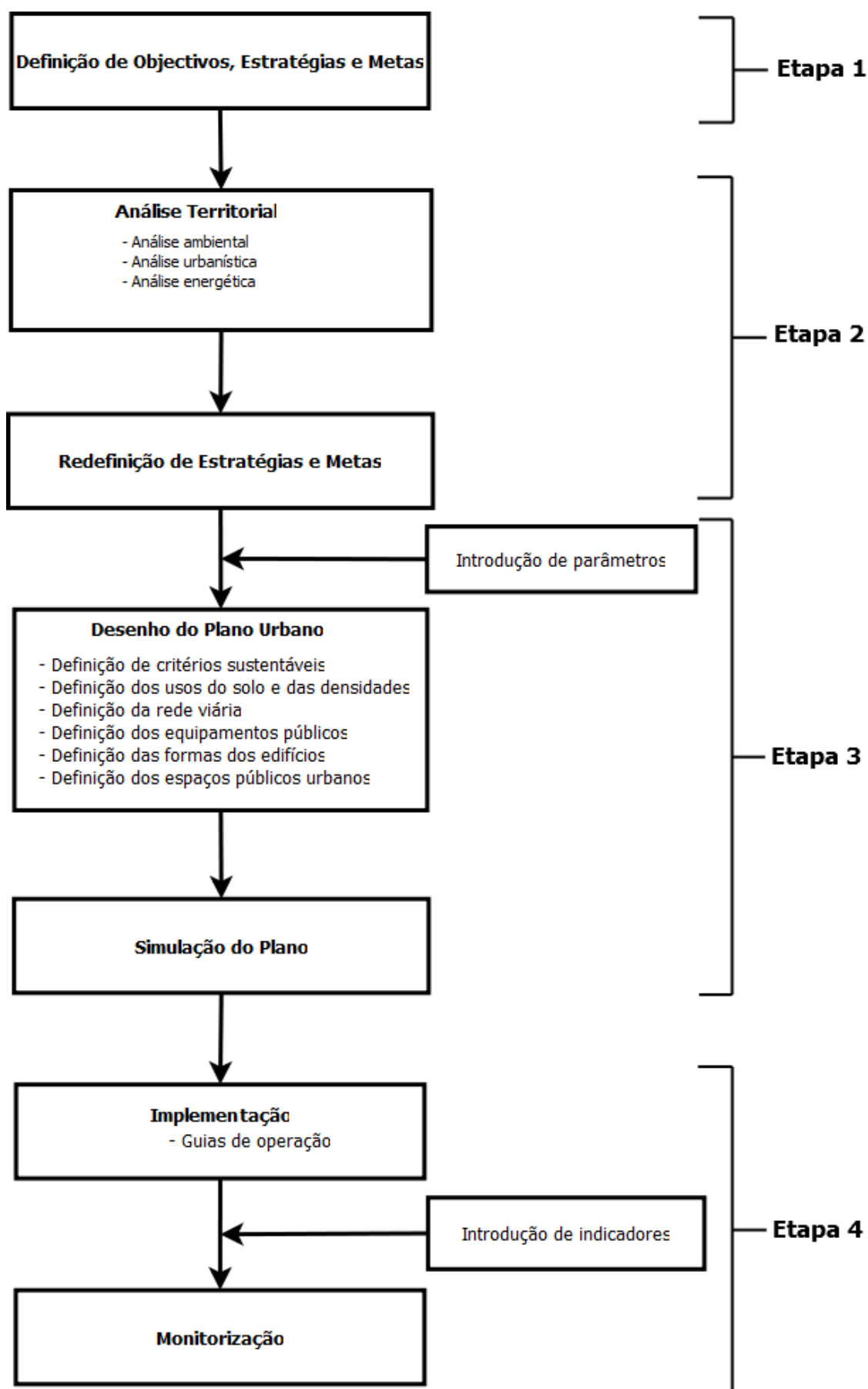


Figura 3.7 – Metodologia proposta

### **3.5.1 Identificação e Definição**

A primeira etapa corresponde á identificação e definição dos objetivos, estratégia e metas a atingir. Os objetivos, estratégias e metas a traçar serão, neste caso, uma linha orientadora para todo o processo e terão impacto nas mais variadas vertentes do novo desenvolvimento urbano. A primeira etapa configura-se de modo a tornar realidade o respeito pelas condicionantes físicas apresentadas pelo paisagem ambiental do território a ser transformado, visando igualmente alcançar em última análise o bem-estar da comunidade local. Deste modo, é assegurado o respeito e o devido enquadramento com as premissas de um modelo de desenvolvimento urbano sustentável (Amado, 2002; Amado & Poggi, 2011).

É então pretendido que o planeamento e o desenvolvimento urbano sejam realizados com base em diversos critérios, nomeadamente naqueles que têm por base a utilização do conceito energia como um dos principais parâmetros a ter em conta nesse planeamento e desenvolvimento. Como tal, a integração da energia visa alcançar um desenvolvimento urbano sustentável através de estratégias como:

- A redução de energia deve ser realizada através de estratégias que promovam uma superior eficiência energética;
- A produção local de energia a partir de fontes renováveis, contrariando o uso de fontes não renováveis e evitando o desperdício das mesmas;
- A partilha de energia entre zonas de elevada e baixa produção de energia, construindo uma rede inteligente de infraestruturas e edifícios que possibilitem a distribuição equitativa de energia.

Nesta etapa é igualmente definida a estratégia ou um conjunto de estratégias que tornem viáveis os objetivos definidos. Estas devem constituir-se como o veículo que possibilita a transposição de um campo de objetivos teóricos numa realidade física sustentável.

Após a definição das estratégias, serão determinadas as metas concretas - com base num critério de desempenho ao longo de um determinado espaço temporal -, as quais devem servir de linha orientadora de todo o processo (Hall, 2002). Posteriormente, a etapa em análise deve conter o programa preliminar com o que o projeto pretende atingir e o modo como este o deve fazer, de modo a se alcançar um modelo energeticamente eficiente.

Como resultado, esta etapa deve ser estruturada de modo a prevenir problemas futuros e ao mesmo tempo a se encontrar perfeitamente enquadrada com os pilares do desenvolvimento sustentável (Amado, 2002).

### **3.5.2 Situação de Referência**

A segunda etapa é constituída por uma análise ao território. Esta análise contempla um completo levantamento de dados e informações da área local e circundante, bem como as respetivas potencialidades e restrições. A etapa pretende recolher, analisar e posteriormente tratar todos os dados referentes à caracterização ambiental, urbanística e energética do local e da sua envolvente. Isto é, pretende-se obter, antes do projeto, o maior número de aspetos positivos e negativos, bem como dados relativos à capacidade de carga do meio ambiente local, indicando orientações que devem ser utilizadas na etapa de desenvolvimento do desenho urbano (Amado & Poggi, 2011).

De um modo geral, a integração de estudos de carácter ambiental pretende introduzir a componente ambiental no processo de planeamento urbano, visando igualmente orientar, desde o início, o desenvolvimento do próprio desenho urbano, estimulando a definição de soluções inovadoras (Amado, 2002).

Estes estudos visam dotar a equipa multidisciplinar de dados que pretendem inferir e informar acerca da localização, dimensão e desenho da rede viária, dos lotes destinados à implantação do bloco edificado, dos espaços verdes e equipamentos coletivos através do estudo dos demais elementos que compõem a realidade física da paisagem local (Amado, 2002).

Como complemento, e devido à crescente consciencialização da sua importância no decorrer de um processo de planeamento urbano, deve-se recorrer a uma análise energética do local e da sua zona envolvente. Os dados a recolher nesta análise devem permitir à equipa projetista inferir acerca da realidade energética do território e determinar quais as estratégias e orientações - a aplicar no processo de planeamento urbano – necessárias para alcançar uma realidade sustentável em meio urbano (Amado & Poggi, 2012b, 2013).

De modo a sistematizar este processo e tendo em conta a sua relevância no presente processo, as análises ambiental económica, social, urbanística e energética devem ser integradas e englobadas num processo denominado de Análise Territorial. Este processo tem como principal finalidade servir e atuar como elemento de referência nos processos de tomada de decisão. Os dados recolhidos e analisados servirão posteriormente como elementos de referência na construção de uma análise *swot* onde se observarão as principais valências e deficiências do local de implantação.

Deste modo, a recolha de dados completos e abrangentes ao longo desta etapa pode apoiar de modo eficaz a tomada de decisão do processo de organização e estruturação urbana e, assim, auxiliar os atores políticos a encontrarem as melhores soluções mediante as demais condicionantes locais.

### **Análise Territorial**

O primeiro passo é o estudo e caracterização das condições locais ao nível do meio físico natural e antropogénico. Deste modo, a análise ao território contempla uma análise ambiental, urbanística e energética, de modo a que seja possível à equipa multidisciplinar dispor de dados quantitativos e qualitativos que visem determinar as potencialidades, problemas e conflitos do território em análise (Amado, 2012b):

- i. Análise Ambiental;**
- ii. Análise Urbanística;**
- iii. Análise Energética;**

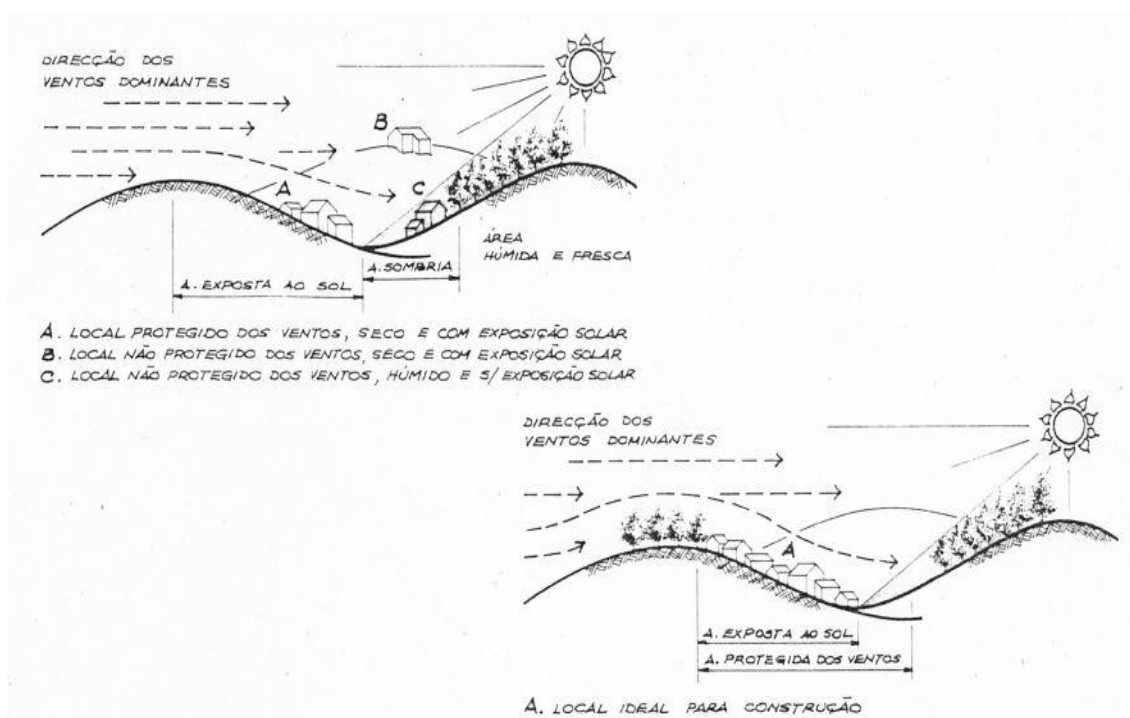
### **i. Análise Ambiental**

#### **Topografia**

O estudo desta condicionante ambiental local é de vital importância no contexto de uma integração plena de condicionantes bioclimáticas no processo de planeamento urbano, já que o seu estudo permite obter informação acerca do declive e da orientação das encostas. De facto, a topografia tem uma forte relevância na alteração das condições microclimáticas e de exposição solar, sendo um dos principais elementos definidores, na fase de desenho, da orientação da rede viária e do respetivo bloco edificado.

O declive refere-se à inclinação morfológica do terreno, sendo essencial na identificação de fatores limitantes ou condicionantes à ocupação humana do território. São definidos intervalos consoante os objetivos do planeamento, os quais se expressam em percentagem (Partidário, 2002).

A orientação do terreno corresponde à marcação da exposição do território à orientação solar, definindo a respetiva exposição solar, recorrendo-se aos pontos cardeais para uma correta definição deste parâmetro. Uma correta orientação num determinado local pode influir de forma significativa na quantidade de radiação solar incidente. Segundo Higuera (2006), uma correta orientação a norte ou a sul, caso a pendente tenha valores em torno dos 10%, resulta numa exposição à radiação incidente quatro vezes maior. Caso a pendente seja de 20%, a exposição à energia solar incidente pode aumentar em oito vezes. Deste modo, é possível constatar que o estudo da orientação do terreno tem elevada importância na definição do conforto térmico, ao alterar os processos solares e eólicos do local em questão (Higuera, 2006; Partidário, 2002).



**Figura 3.8 – Influência do relevo na exposição solar e eólica (adaptado de Amado, 2014a)**

Como elementos caracterizadores desta componente devem-se referir os estudos relativos aos dados da inclinação e orientação dos terrenos. O estudo deste parâmetro permite definir estratégias adequadas para o local, possibilitando a diminuição da fatura energética através da correta conjugação das potencialidades e condicionantes locais sob forma do contexto urbano (Partidário, 2002).

## Clima

O estudo do clima envolve, por norma, a utilização de diversas escalas. No âmbito da presente dissertação apenas se refere a escala que estuda o clima urbano, o Mesoclima. Esta escala é então referente ao clima local, estudado a partir de estações meteorológicas estrategicamente localizadas (Partidário, 2002).

Qualquer edificação, nova ou existente, vê o seu desempenho energético moldado e definido em parte pelo clima predominante no local considerado (CMO & GEOTPU-UNL, 2013). Os elementos climáticos mais importantes para a definição correta do estudo do clima são (CMO & GEOTPU-UNL, 2013; Fidalgo *et al.*, 2013; Partidário, 2002):

- **Insolação** - a insolação pode ser expressa como o número de horas de céu descoberto durante um determinado período em determinado local, e pode ser expresso em horas;



- **Radiação Solar** – Este parâmetro influencia as condições térmicas e luminosas das edificações, constituindo-se de vital importância no processo de produção de energia e na melhoria da eficiência energética do parque edificado. Em termos energéticos, a radiação solar é composta por três parâmetros: radiação direta, radiação difusa e radiação indireta. A radiação direta tem especial relevância e influencia na definição da orientação do edificado e na criação de condições de conforto interior, tanto térmico como lumínico. A radiação difusa possui um papel relevante em locais com elevadas horas de nebulosidade, sendo importante na definição da iluminação interior dos edifícios. A radiação indireta, por sua vez, é de difícil definição, uma vez que este tipo de radiação tem origem nas superfícies urbanas e está dependente da cor e textura das mesmas. O estudo deste agente climático deve consistir na obtenção da média da radiação global sobre o plano horizontal, expresso em Kcal/m<sup>2</sup> ou KWh/m<sup>2</sup>;
- **Nebulosidade** – parâmetro que estuda o número médio mensal e anual de dias com e sem nuvens e parcialmente enevoados, sendo expresso numa escala de 0 a 10 - onde 0 corresponde a céu totalmente limpo e 10 a céu totalmente encoberto, respetivamente;
- **Umidade relativa do ar** – este parâmetro está intimamente ligado à temperatura, apresentando valores mais baixos no verão e maiores no inverno. É definido pela relação entre a quantidade de vapor de água existente no ar e o limite máximo respetivo a dada temperatura. Valores muito elevados de umidade poderão criar condições favoráveis ao aparecimento de nevoeiro, especialmente no período matutino, fenómeno que diminui a quantidade de radiação global incidente sobre o parque edificado. Devem assim ser estudados os dados suficientes para determinar em que dias e qual a duração da ocorrência deste fenómeno. Para o estudo deste parâmetro devem-se recolher as médias mensais e anuais, expressas em percentagem

Deste modo, o estudo dos parâmetros associados ao clima permite que, em conjugação com os elementos constituintes do mesmo, seja possível moldar e definir os usos do solo e as formas urbanas que potenciam elevados padrões de consumo e produção de energia do tecido urbano em questão.

## ii. Análise Urbanística

### Infraestruturas

O estudo deste parâmetro permite retirar informação acerca das infraestruturas existentes no local e na sua envolvente, determinando deste modo quais as estratégias que poderão retirar melhor partido dos elementos existentes, tendo como principal finalidade o estudo em torno do impacto que as infraestruturas existentes poderão provocar nos padrões de consumo e produção de energia do novo espaço urbano. Deste modo, a partir do estudo das infraestruturas existentes é possível definir que usos de solo - do território a transformar - se configuram como melhores opções mediante as condicionantes locais apresentadas, de modo a que não seja impedida a incidência da radiação solar nos novos espaços edificados.

Deste modo, uma análise e posterior recolha de dados em torno da condição, localização, dimensão e tipologia destas infraestruturas - bloco edificado - torna-se fulcral no processo operativo do planeamento urbano (Amado, 2002; CMO & GEOTPU-UNL, 2013; Partidário, 2002).

## iii. Análise Energética

A análise energética deve ser realizada às comunidades locais que envolvem o local onde se desenvolverá o novo espaço urbano. Deve ser realizado um estudo, quer aos consumos atuais de

energia quer à produção de energia atual e futura, por forma a ser possível definir padrões e fluxos de energia que visem melhorar o desempenho energético do local.

A determinação dos consumos e da produção de energia local podem ser obtidas através de dados estatísticos e de contadores instalados no parque edificado atual. Os valores a analisar no capítulo do consumo de energia deverão ser referentes ao consumo por fonte, setor de atividade e por utilização no interior do bloco edificado, a nível regional e a nível local. O potencial de produção de energia do bloco edificado existente pode ser determinado através da utilização de metodologias como as mencionadas por Amado e Poggi (2013) e Wiginton *et al.* (2010), dependendo da escala do estudo. Deste modo é possível determinar e calcular o balanço energético final, componente fundamental para determinar a intensidade e direção dos fluxos de energia dos centros urbanos.

Por outro lado, a análise da conjuntura energética do território afigura-se de importância vital, uma vez que a mesma vai influir diretamente sobre as linhas orientadoras do planeamento do meio urbano, fornecendo diretrizes precisas sobre padrões de uso e ocupação do solo, orientação, dimensão e forma do bloco edificado e tipologia coberturas do bloco a construir, considerando e fornecendo deste modo respostas às necessidades locais e da sua zona envolvente (Amado & Poggi, 2012b; CMO & GEOTPU-UNL, 2013).

### **3.5.3 Conceção do Plano**

A terceira etapa configura-se como o elemento que traduz física e espacialmente todos os pressupostos teóricos até aqui determinados. De facto, as metas definidas a partir da análise do potencial físico do local deverão ser os elementos configuradores da presente etapa.

A etapa é constituída por duas etapas: Desenho do Plano Urbano e Simulação do Plano. Na sub-etapa referente ao Desenho do Plano Urbano são concretizadas as estratégias e metas definidas nas etapas anteriores. A integração dos parâmetros propostos constitui-se como o principal instrumento que garanta uma responsável e adequada transformação do território, ao mesmo tempo que coloca os pressupostos sustentáveis numa realidade tangível. A sub-etapa Simulação do Plano pretende, através de ferramentas informáticas, simular o comportamento energético de todo o novo espaço urbano a implementar. As duas sub-etapas anteriormente referidas encontram-se retroativamente ligadas pela génese do seu processo. De facto, a Simulação do Plano pretende fornecer informações em torno do desempenho energético de todo o novo espaço, permitindo as correções necessárias de modo a que seja possível alcançar uma solução otimizada e enquadrada com as metas previstas e anteriormente definidas.

A presente etapa termina então com a formulação do plano final. Será a partir deste plano, construído ao longo da etapa de Conceção do Plano, que se prossegue para a etapa de implementação do plano, que consistirá na aplicação de todos os detalhes físico-espaciais propostos e definidos na presente etapa.

#### **3.5.3.1 Desenho do Plano Urbano**

A etapa referente ao plano de desenho urbano depende de parâmetros que influenciam diretamente, por um lado, a produção de energia, e por outro, o consumo da mesma.

O impacto que o desenho urbano tem num desenvolvimento sustentável urbano depende do conhecimento que se tem das potencialidades, recursos e condicionantes físicas, ambientais, sociais, económicas e urbanísticas dos locais em estudo.

Na presente etapa, parâmetros como a Geometria do Espaço Urbano, Profundidade da Edificação, Orientação da Rede Viária e Tipologia das Coberturas são incluídos ao longo do processo de desenho urbano. De facto, e ainda que nos tempos atuais estes parâmetros sejam

considerados de forma responsável, a não inclusão, na sua definição, da condicionante energia comporta problemas a todos as premissas integrantes do conceito sustentabilidade.

As várias etapas que constituem a fase de desenho urbano integram os parâmetros anteriormente mencionados e possibilitam, através de uma correta e adequada definição dos mesmos, alcançar um desenho urbano de acordo com os objetivos e metas definidas nas etapas iniciais da metodologia proposta. A etapa em análise constitui, por isso, o veículo físico-espacial de todas as metas e objetivos definidos na etapa inicial do processo operativo, sendo por isso de especial relevância, uma vez que é esta fase que põe em prática toda a metodologia teórica até aqui concebida.

Só a consideração e posterior integração da energia solar nos demais parâmetros constituintes do processo de desenho urbano de um dado local possibilitará a criação, promoção e desenvolvimento de projetos urbanos energeticamente responsáveis e sustentáveis.

Contudo, o fator energia solar não é o único elemento a ter em conta na definição do desenho urbano. Para que se possa ter uma perspetiva global dos agentes que conduzem o processo de plano de desenho urbano, os mesmos devem ser enunciados, já que a sua integração no presente processo condiciona o resultado final do desenho urbano adotado.

Deste modo, as fases integrantes desta etapa são (Amado, 2002):

- 1) Definição de critérios, estratégias e fatores de sustentabilidade;
  - 2) Definição dos usos do solo e da densidade;
  - 3) Definição da rede viária;
  - 4) Localização dos equipamentos públicos;
  - 5) Definição das formas dos edifícios;
  - 6) Definição dos espaços públicos urbanos.
- 
- 1) A primeira fase consiste na definição de fatores, estratégias e critérios de sustentabilidade que servirão de linhas orientadoras no processo criativo e científico da formulação do desenho urbano. Deste modo, é garantido que a ação do planeamento urbano é realizada com base em critérios como a eficiência energética e o correto aproveitamento dos recursos naturais do local. A introdução desta primeira etapa serve como principal propósito a garantia da introdução da componente que regulam a presente etapa e consequentemente do potencial físico - determinado através do rigoroso levantamento efetuado na etapa anterior do presente processo - nas fases seguintes do processo de desenho do plano. Deste modo, garante-se a introdução da condicionante energia nos parâmetros propostos, garantindo-se deste modo a integração dos parâmetros no atual processo metodológico. Espera-se desta forma que a etapa de desenho urbano seja fortemente influenciado pelas condicionantes e potencialidades ambientais locais.
  - 2) A segunda fase consiste na definição dos usos do solo e das densidades a implementar, sendo imperioso, por um lado, considerar uma oferta integrada e conjugada das diversas valências passíveis de existir nos centros urbanos, e por outro, considerar níveis de densidade local adequados, perspetivando uma densificação responsável dos espaços. Deste modo, esta conjugação deve ser considerada, quer em planta quer em volumetria, beneficiando o centro urbano das oportunidades sociais, ambientais e económicas que derivam de tal escolha. As condicionantes para a localização dos diversos espaços e usos estão dependentes de condicionantes como a orientação, direção e intensidade dos fluxos de

ar dominantes, da exposição solar e das temperaturas exteriores, quer na estação de aquecimento, quer na estação de arrefecimento.

- 3) No terceiro passo é concebida e definida a dimensão, localização e o traçado da rede viária, sendo relevante mencionar que se deve optar por uma estratégia que torne possível a definição de uma malha de projeção ortogonal, a qual, aquando da sua definição, dependerá de fatores como os pontos de ligação previamente existentes, a topografia, a exposição solar e ao ventos predominantes, as localizações das atividades e as densidades a servir, estando estas definidas na etapa anterior. Em particular, a largura viária depende do mínimo legalmente estabelecido, das densidades dos fluxos pendulares a servir e da quantidade de insolação que deve incidir sobre os pisos das fachadas. Ambas as larguras devem, igualmente, garantir condições mínimas de fluxos de circulação, ventilação e iluminação natural. O parâmetro Orientação da Rede Viária é o elemento caracterizador da realidade da rede viária, sendo por isso necessária a sua integração para que seja possível definir por completo o traçado da rede viária. É nesta etapa que se define e dimensiona a rede que serve os transportes urbanos, tais como as ciclovias, passeios, faixas gerais, entre outros.
- 4) Na definição da localização e dimensão dos equipamentos públicos -cultura, lazer, desportos, saúde, serviços públicos, entre outros- deve ser tida em conta informação relativa à dimensão, forma, localização, ao nível da radiação solar, à exposição aos ventos, bem como aspetos relacionados com a população a servir, principalmente informação como a pirâmide etária e o nível cultural do local.
- 5) Neste passo definem-se as formas urbanas. Dados como a temperatura exterior e interior - quer na estação de arrefecimento quer na estação de aquecimento -, a disponibilidade de radiação solar, a direção e orientação dos ventos predominantes, a largura das vias, as densidades a servir, entre outros, são exemplos de informação a considerar durante esta fase. Importa salientar que é também nesta fase que se define a dimensão dos lotes que compõem o meio urbano, com base nas informações anteriormente mencionadas. Nesta fase é necessário considerar os parâmetros Profundidade da Edificação, Orientação da Rede Viária, Geometria do Espaço Urbano e Tipologia das Coberturas, onde só após a total definição decorrente da consideração dos parâmetros mencionados é possível caracterizar em todas as suas dimensões as formas urbanas a adotar.
- 6) As definições dos espaços públicos, tais como parques urbanos, jardins, praças, entre outros, encontram-se condicionadas por fatores como a orientação solar, os fluxos de ventilação dos espaços, o tipo de solo e vegetação a implementar ou existente, a dimensão, forma e localização dos espaços em questão e da sua envolvente. Para a caracterização dos espaços públicos deve-se ter em consideração o parâmetro Geometria do Espaço Urbano de modo a evitar sombreamentos indesejados no bloco edificado localizado próximo destes espaços.

No final da presente etapa obtém-se uma imagem a duas dimensões do território. A imagem apresentada pelo processo operativo permite visualizar a proposta global para a transformação do território. Deste modo, encontra-se definida esquematicamente a orientação e traçado da rede viária, a orientação, dimensão e forma - através da integração da informação relativa às volumetrias - do bloco edificado, a localização e dimensão dos espaços verdes urbanos, a dimensão, localização e forma do bloco edificado que abriga os serviços municipais e administrativos e ainda considerações sobre as formas adotadas pelas coberturas. A proposta não é, nesta fase, uma proposta definitiva e por isso é passível de ser alterada caso se verifique a sua inadequabilidade - na etapa seguinte - em relação ao espaço urbano a ser transformado (Amado, 2002).

### 3.5.3.2 Simulação do Plano

O progresso registado ao longo das últimas décadas no domínio das tecnologias de informação permitiu imprimir uma transformação e alteração nos processos e metodologias associadas ao planeamento do espaço físico dos centros urbanos. A construção de ferramentas de simulação numérica computadorizada permitiu criar um novo veículo de informação que pudesse complementar as análises a serem realizadas e deste modo auxiliar as tomadas de decisão da equipa projetista.

Antes de se concretizar o plano que contém a proposta de desenho urbano é necessário perceber qual o impacto que a construção de novas formas urbanas terá no novo desenvolvimento urbano. Para tal é necessário recorrer e integrar na metodologia, durante a etapa de Conceção do Plano, um instrumento que permita simular o comportamento e desempenho energético do plano concebido anteriormente. A etapa de simulação reveste-se assim de elevada importância pois é o último elemento constituinte da metodologia antes da implementação de todas as estratégias e medidas definidas na etapa inicial. A simulação da proposta tem assim como principal objetivo fornecer informações sobre o comportamento e o impacto das novas formas urbanas no tecido urbano envolvente (Amado & Poggi, 2011).

De facto, e devido à estrutura da presente etapa, a mesma possui uma relação de dependência entre as suas atividades constituintes. A retroatividade será então um fator a ter em conta porque, por um lado, a mesma permite que a solução proposta seja revista e redesenhada caso o processo de simulação assim o indique, e por outro, possibilita, através de sucessivas iterações retroativas entre a etapa de desenho e de simulação, orientar o processo metodológico ao encontro de uma proposta de desenho energeticamente otimizada e que permita igualmente alcançar as metas traçadas nas etapas anteriores.

É igualmente nesta etapa que se transpõe o plano de desenho preliminar de duas dimensões para um modelo paramétrico de três dimensões. É a partir deste modelo que se vai realizar um conjunto de simulações cujo principal desígnio é garantir um desempenho energético coerente de todo o novo parque edificado.

O primeiro passo será então a transposição da proposta de desenho de duas dimensões para três dimensões. A partir deste modelo realiza-se um conjunto de simulações que integram e determinam a quantidade de radiação solar incidente nas fachadas e coberturas, a área de sombreamento causado por objetos de origem natural - topografia - e antropogénica, os níveis de iluminação natural no interior do bloco edificado e os padrões de consumo de energia associados aos sistemas de climatização de aquecimento dos espaços interiores (Amado & Poggi, 2011)

Os atuais modelos de simulação numérica computadorizada permitem, entre outros, determinar e estabelecer a melhor orientação para todo o bloco edificado, que formas urbanas que potenciam a captação de radiação solar incidente, qual a distribuição dos espaços interiores que minimiza os consumos energéticos, assim como permite determinar a capacidade de produção de energia mediante os diversos níveis de eficiência dos sistemas solares ativos. Neste sentido, importa realçar os estudos de Hachem *et al.* (2011) e Strømman & Sattrup (2011) que avaliaram os supracitados parâmetros de desenho urbano e a sua influência na alteração dos níveis de consumo e produção de energia.

São assim abrangidos todos os parâmetros de desenho urbano que moldam e alteram os padrões de consumo e produção de energia. Após a simulação e posterior análise dos resultados obtidos, é indicado o nível de desempenho energético esperado do novo espaço urbano - tendo em consideração as metas traçadas nas etapas iniciais do processo metodológico -, sendo esta uma relevante informação na definição dos fluxos energéticos a realizar entre o espaço urbano existente e a existir, caso se verifique um elevado desempenho energético do novo local urbano.

Aquando da finalização da presente etapa, é formulada a proposta final e sobre a qual se poderá avançar para a etapa de implementação no terreno do plano adotado para o novo desenvolvimento urbano.

### **3.5.4 Implementação do Plano**

Após a formulação final do plano desenvolvido prossegue-se para a sua implementação no tecido territorial a transformar. A transposição deve ser regida pelo respeito ao plano formulado, sem o qual não será possível alcançar as metas traçadas no início do processo metodológico proposto. A implementação é realizada por fases, devendo ser criado para o efeito um instrumento que indique a sequência prioritária, as ações e as medidas a serem realizadas ao longo do processo de implementação do plano desenvolvido.

O plano formulado na etapa anterior da presente metodologia indica, de forma geral, os valores limite referentes às formas urbanas a apresentar após o final da sua construção, situação que se configura como sendo um elemento regulador do projeto de construção, cabendo à equipa responsável respeitar esses valores, pese embora seja possível elaborar uma configuração urbana com valores inferiores ao estabelecido. São precisamente estes valores que serão avaliados e monitorizados durante a presente etapa. Esta etapa termina então com a monitorização das especificidades físicas do processo metodológico até aqui desenvolvido. A monitorização deve então ser realizada ao longo do espaço temporal que permite a efetiva concretização do plano formulado.

#### **3.5.4.1 Implementação**

Esta fase reveste-se de grande importância pois é a mesma que permite a concretização de todo o processo até aqui descrito. Esta fase deverá considerar não só a implementação das medidas e estratégias já descritas e enunciadas, como também a posterior monitorização, através de indicadores construídos para o efeito, ao longo do tempo e de forma periódica, de todas as estratégias e medidas definidas e implementadas ao longo do processo.

Em todo o processo do planeamento urbano esta etapa é fulcral no garante do cumprimento dos objetivos de sustentabilidade definidos nas etapas iniciais e concretizáveis através da estratégia aplicada no desenvolvimento do desenho urbano ao longo da terceira etapa, etapa de conceção do plano. De facto, as guias de operação constituem-se como um instrumento indicador das ações a tomar de modo a que o plano desenhado na etapa anterior seja efetivamente implementado, indicando a prioridade de cada uma das ações e definindo os procedimentos a efetuar para concretizar e materializar essas mesmas ações (Amado, 2002).

Deste modo, e para garantir a existência de um controlo apertado sobre a realização de todas as ações do processo, a presente etapa é assim constituída pela definição e elaboração de guias de operação que reúnem e aglutinam em si todas as ações a realizar, avaliando igualmente os impactes que estas ações terão nos campos ambiental, social e económico do território (Amado, 2002).

Estes guias deverão permitir retirar conclusões de carácter holístico sobre os temas e assuntos a observar durante a fase de implementação, devendo igualmente permitir a definição de graus de prioridade diferenciados entre as diversas ações e medidas que integram este processo. Devem igualmente indicar os procedimentos a executar, a capacidade técnica necessária, o nível e tipo de acompanhamento a realizar e os impactes esperados (Amado, 2002).

A coordenação destes guias fica a cargo de um responsável detentor de uma capacidade de visão holística de todo o processo operativo (Amado, 2002).

ACÇÃO:
LOCAL / ZONA:
DATA:
DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA ACÇÃO A EXECUTAR:
NÍVEL DE IMPORTÂNCIA: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>
PROCEDIMENTOS A ADOPTAR:
OBJECTIVOS PRETENDIDOS: NÍVEL AMBIENTAL - NÍVEL SOCIAL - NÍVEL ECONÓMICO -

**Figura 3.9 – Exemplo de Guia de Operação  
(Amado, 2002)**

Nesta etapa, a participação pública assume uma preponderante relevância. De facto, a inserção da sociedade civil permite um conjunto de procedimentos necessários à efetiva implementação de todas as ações a tomar, já que é esta que se encontra em permanente contacto com o novo desenvolvimento a construir. O desvirtuar de algumas medidas e estratégias, construídas ao longo de todo o processo, poderá colocar em causa, não só a própria realização do novo aglomerado, mas também os próprios objetivos definidos na etapa inicial do processo metodológico proposto, desfasamento esse que tenderá a ser realizado devido a pressões de origem económica e que põem em causa toda a metodologia proposta. A função primordial da sociedade civil deve ser então constituída essencialmente por um papel regulador que indique o desfasamento das medidas inicialmente propostas e para que deste modos e torne possível a implementação de todas as medidas ao longo de todo o processo.

### 3.5.4.2 Monitorização

Os fluxos de energia encontrados no território encontram-se em constante alteração, resultado de atividades planeadas e não planeadas. Tendo este facto em conta, é necessário um constante acompanhamento que identifique e avalie os impactos que os diversos elementos constituintes que concorrem para alteração do território local têm nos padrões de consumo e produção de energia. O acompanhamento nesta fase é realizada com recurso a uma serie de indicadores que, quando analisados em conjunto, fornecem informações relevantes e cruciais sobre o estado da realidade física constituinte do meio urbano em questão e que consequentemente permitem avaliar se os mesmos foram efetivamente implementados e se estes veem o seu potencial corretamente explorado. A partir da aplicação dos indicadores construídos, é possível avaliar se os mesmos se configuram como tendo um impacto positivo na realidade energética apresentada pelo novo tecido urbano (PFSCCR, 2005).

## 3.6 Ferramentas Aplicáveis ao Processo

De modo a simplificar as etapas e processos inerentes à presente metodologia, deve-se conceber uma análise e conceção mais expedita, abrangente e veloz de todas as variáveis que compõem o processo operativo do planeamento urbano. Deste modo, é necessário recorrer, durante o processo de planeamento, a um conjunto de ferramentas computacionais, ferramentas estas que têm como principal missão auxiliar as equipas na sua tomada de decisão. Estas ferramentas destinam-se à recolha de informação dos mais diversos elementos que possam constituir-se como fonte de informação local, assim como elementos auxiliares na elaboração de desenhos urbanos a duas e três dimensões e na compilação de dados qualitativos e quantitativos por meio de ferramentas apropriadas ao longo da quarta etapa.

Deste modo, serão enunciadas as ferramentas computacionais que auxiliam cada uma das etapas constituintes do processo, nomeadamente na etapa de Situação de Referência, Conceção do Plano e Implementação do Plano.

### Situação de Referência

Durante esta etapa são utilizadas duas ferramentas computacionais de auxílio, são elas: o ArcGIS® e o Microsoft Excel®. A opção pela utilização do programa ArcGIS® deve-se essencialmente à sua capacidade de realizar análises rigorosas ao nível da topografia, geologia, vegetação, exposição solar e eólica, infraestrutura existente, hidrologia, entre outros diversos elementos. Por sua vez, o programa informático Microsoft Excel® é extremamente útil na coleção, organização e inclusão de dados relativos a informações e observações realizadas junto das comunidades locais (Amado & Poggi, 2011).

- **ArcGIS®** - criado pela empresa Environmental Systems Research Institute, é uma das ferramentas informáticas mais utilizadas e aplicadas aos sistemas de informação geográfica. Este *software* permite funções como a análise espacial, manipulação de dados e mapeamento, organizando toda a informação geográfica em diversos layers e tabelas, tendo como *output* a produção de relatórios e gráficos com dados relativos ao local em questão. Esta ferramenta computacional é utilizada por áreas como a engenharia, arqueologia, planeamento urbano, entre outras (ESRI, 2011).
- **Microsoft Excel®** - conhecida ferramenta informática e atualmente denominada de folha de cálculo. Esta ferramenta possibilita funções como análise e cálculo de dados, sendo que no âmbito do planeamento urbano este *software* revela a sua utilidade na transposição e organização de dados relacionados com pesquisas realizadas junto das comunidades, facilitando a sua análise e comparação de dados através de gráficos e tabelas (Microsoft, 2011).



### Conceção do Plano

Esta etapa visa a elaboração preliminar do desenho urbano tendo em conta a utilização de estratégias, anteriormente definidas, energeticamente eficientes, que visem contribuir para mudar e melhorar a realidade energética local. Deste facto, resulta uma diversidade e disponibilidade de ferramentas informáticas que possibilitam a realização das tarefas anteriormente referidas.

- **Autodesk® AutoCAD** - este *software* possibilita a elaboração de desenho urbano e rodoviário a uma escala maior, permitindo, inclusive, uma detalhada elaboração da tipologia urbana a edificar. Este modelo informático teve como principal objetivo, desde a sua criação, a elaboração de projetos urbanos, recorrendo a modelos de análise específico. A grande vantagem deste *software* centra-se na possibilidade de fundir os mundos CAD e GIS (Autodesk, 2014).
- **AutoDesk® 3Dstudio Max®** - ferramenta computadorizada que permite a construção de modelos tridimensionais relativos ao desenvolvimento das formas edificadas e dos novos espaços urbanos. O *software* apresenta um interface intuitivo e que permite a integração e compatibilização com outros softwares como é o caso do Autodesk® AutoCAD (Autodesk, 2011a).
- **Autodesk® ECOTECH®** - ferramenta de modelação tridimensional que visa oferecer um conjunto alargado de análises ambientais e físicas, permitindo determinar a influência destes fatores no desempenho energético das novas formas urbanas. Este *software* constitui-se como uma poderosa ferramenta na determinação dos níveis de acesso e potencial solar, iluminação natural, necessidades de aquecimento e níveis de sombreamento (Autodesk, 2011b)

## 3.7 Síntese Capítulo

No presente capítulo foi construída e concebida uma metodologia que permitisse e evidenciasse a introdução da energia solar nos processos operativos do planeamento, e de que modo essa introdução poderia ser realizada.

O processo inicia-se com a definição dos objetivos e metas a concretizar, bem como de todas as estratégias, medidas e diretrizes que possibilitem a concretização das metas e dos objetivos.

Na segunda etapa é realizada uma detalhada, exaustiva e rigorosa análise a todos os elementos caracterizadores do território. No contexto de uma metodologia assente no eficaz aproveitamento da energia solar, esta análise é constituída por elementos caracterizadores do meio ambiente, do clima, da realidade energética vigente e das condicionantes urbanísticas do território. A análise não deve apenas cingir-se ao levantamento de dados do local em estudo, devendo igualmente caracterizar a área envolvente, de forma a propiciar uma plena integração do novo desenvolvimento urbano no tecido urbano já existente.

Após o levantamento de todos os dados relevantes, a atual metodologia permite, caso se verifique ser necessário, a redefinição dos estratégias e metas. Esta redefinição deve ser realizada com base no potencial social, económico e ambiental que o território a transformar possui. Só após a definição do potencial físico do território é possível construir os valores caracterizadores do conjunto de parâmetros propostos.

A construção de parâmetros em torno do conceito energia, e não apenas baseados nas questões funcionais, legais, organizativas e estruturais, confere ao processo uma dimensão que não havia sido contemplada até agora. Deste modo, os parâmetros deverão respeitar as condicionantes impostas por este novo conceito, visando assim alcançar uma realidade energética eficiente e sustentável de todo o tecido urbano. Os parâmetros apresentados definem as premissas-base do

desenho urbano, sendo este o veículo para alcançar um novo aglomerado urbano sustentável do ponto de vista energético.

A introdução de uma atividade que permita simular, otimizar e prever os padrões de consumo e produção de energia tem uma relevante importância no processo metodológico apresentado. De facto, sem a introdução desta importante atividade não seria possível regular com elevado grau de rigor científico a etapa de conceção do plano, originando deste modo uma relação de dependência com a atividade de plano de desenho urbano. De facto, a retroatividade entre estes dois processos eleva o grau de certeza em torno do plano apresentado. Só após a simulação do plano de desenho urbano adotado é possível formular a proposta final que será posteriormente implementada, dando-se início à transformação físico-espacial do território. A presente etapa termina com a formulação da proposta final, a qual será operacionalizada na etapa seguinte.

A quarta etapa engloba a implementação e posterior monitorização da aplicação do desenho urbano no território. A plena aplicação prática da etapa anterior deve ser acompanhada e regida por guias de operação que visam constituir-se como um referencial inclusivo de todas as medidas e estratégias incorporadas no processo de desenho urbano.

A monitorização tem como principal propósito o acompanhamento da transformação do território através de indicadores definidos e construídos para o efeito. Deste modo, a inclusão desta etapa visa monitorizar a implementação das diversas medidas ao longo do tempo de vigência do plano desenvolvido. Uma vez que a mensuração e posterior ponderação da estrutura dos consumos de energia se afiguram de elevado grau de dificuldade e dependentes do local e do respetivo clima predominante, optou-se por atribuir uma importância superior aos indicadores que, devido às suas características, influenciam de forma relevante a capacidade de produção de energia do tecido urbano.

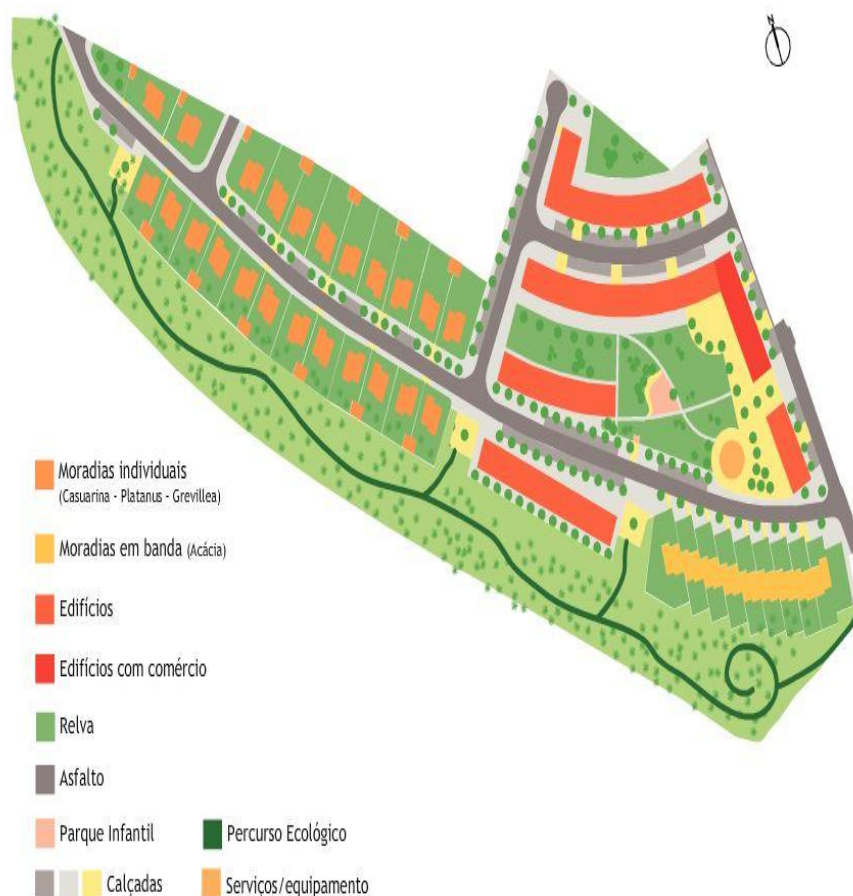
Deste modo, o conjunto de indicadores apresentados tem como principal finalidade avaliar se os parâmetros definidos e apresentados na terceira etapa do presente processo metodológico se encontram efetivamente implementados, e de que modo a sua maximização foi ou não tida em conta durante o processo de construção das novas formas urbanas. É precisamente pela maximização dos valores referentes aos diversos parâmetros que se torna possível verificar se de facto a solução se encontra otimizada no contexto de produção de energia do sistema urbano.

## 4. CASO DO ESTUDO

### 4.1 Enquadramento

#### 4.1.1 Caracterização da Urbanização

A urbanização das Casas de Santo António é um projeto do Atelier Progesto, Gabinete Técnico de Gestão Arquitectura e Planeamento, Limitada e está localizada no Concelho do Barreiro e posiciona-se geograficamente a este da freguesia de Santo António da Charneca, distando cerca de 32 quilómetros de Lisboa e sendo parte integrante da Área Metropolitana de Lisboa (Fidalgo *et al.*, 2013).



**Figura 4.1 – Planta da urbanização Casas de Santo António**  
([www.casasdesantoantonio.pt](http://www.casasdesantoantonio.pt))

O local conta com uma boa acessibilidade, sendo o seu acesso realizado através da rede viária existente. Existe, igualmente, o acesso através de serviços de transporte públicos e interfaces modais com os serviços de sistema fluvial do concelho do Barreiro (Fidalgo *et al.*, 2013).

A implantação deste projeto em local próximo a zonas já urbanizadas e povoadas trouxe benefícios em termos de acesso a infraestruturas, tais como redes de eletricidade, águas, esgotos

e telecomunicações. De igual modo, a proximidade a estes locais urbanizados possibilita a ligação à estrutura urbana pré-existente, potenciando a sua possível integração no tecido urbano consolidado (Figaldo *et al.*, 2013).

No projeto em estudo optou-se pela implantação de um sistema urbano baseado num modelo denso e multifuncional. A densidade do concelho do Barreiro apresenta um valor de 21,31 habitantes por hectare, enquanto o valor definido para o novo espaço urbano foi de 96 habitantes por hectare, um valor cerca de 4,5 vezes superior ao registado no concelho do Barreiro. A diversidade de usos é obtida através da conjugação de zonas habitacionais e comerciais, estes últimos integrados nos pisos térreos das edificações. Foi igualmente incluído no processo desenvolvimento da urbanização equipamentos de carácter social, espaços verdes e parques de lazer. A integração das demais valências e usos visa alcançar um modelo no qual é possível promover a utilização dos espaços públicos de forma permanente, ao longo de grande parte das horas do dia (Figaldo *et al.*, 2013; [www.pordata.pt](http://www.pordata.pt)).

O projeto original contempla 23 lotes de moradias individuais, 9 moradias em banda, 26 lotes de edifícios de habitação multifamiliar e 1 lote de equipamento público, vendo a sua volumetria variar entre 1 e 4 pisos. Devido ao faseamento da construção do novo desenvolvimento urbano, é necessário ressaltar que nem todas as frações, acima mencionadas, se encontram presentemente edificadas (Figaldo *et al.*, 2013).

No interior da urbanização encontram-se largas vias de circulação de automóveis com dois sentidos - as quais confinam o bloco edificado -, bem como se encontram concebidos locais para passeios e zonas pedonais amplas nos espaços públicos (Figaldo *et al.*, 2013).

#### **4.1.2 Elementos Programáticos**

Os conteúdos programáticos de um novo sistema urbano são essenciais na construção de linhas orientadoras pelo qual se pautará a construção das novas formas urbanas. É a partir da definição dos conteúdos que se condicionará o plano de desenho urbano a ser apresentado e o qual será posteriormente implementado no decorrer da conceção do novo espaço urbano.

Desta forma, e segundo o autor do projeto, o desenvolvimento desta urbanização teve em conta os seguintes pressupostos estratégicos (Fidalgo *et al.*, 2013):

- O cumprimento de imperativos legais, nomeadamente as condicionantes impostas pelos planos municipais e de ordenamento;
- O estudo e avaliação do território, identificando e prevendo os efeitos ambientais que minimizem ou compensem os efeitos dos impactos no território natural;
- O desenvolvimento económico sustentável, promovendo novas atividades no apoio à escolha de soluções que apresentam uma superior viabilidade a nível económico e ainda um impulso a um crescimento sustentável;
- A satisfação das necessidades e expectativas da população, atual e futura;
- Um desenho promotor de uma nova urbanidade.

#### **4.1.3 Diretrizes e Estratégias Bioclimáticas**

A introdução, nos passos iniciais do projeto, de estratégias e medidas que favoreçam a introdução de estratégias e diretrizes bioclimáticas necessárias de modo alcançar uma realidade energeticamente eficiente.

O desenho urbano deste empreendimento em teve consideração a utilização favorável da radiação solar e dos ventos dominantes. O projeto revela a importância que o percurso do Sol ao longo do ano possui na definição das condicionantes do próprio desenho, adotando-se estratégias como fachadas principais orientadas a sul e a sul-poente e possibilitando assim retirar

o máximo de ganhos energéticos na estação de aquecimento. De igual modo, verifica-se que o desenho do parque a edificar teve em conta o controlo dos ventos dominantes, não expondo os demais lotes a uma orientação frontal mais desfavorável, mas possibilitando a receção dos ventos laterais que deste modo permitiam introduzir os fluxos de ar no interior da habitação por forma a criar condições para uma correta ventilação natural dos espaços. Fez-se, de igual modo, o aproveitamento do espaço entre os edifícios como canais de ventilação para o interior dos mesmos (Figaldo *et al.*, 2013).

Na fase de desenho da urbanização optou-se por ter em consideração a estrutura verde urbana já implantada no local, a Mata da Machada, e a implantação de novos espaços verdes tendo em consideração uma nova estrutura urbana a implantar no empreendimento. A introdução de estruturas verdes urbanas na urbanização teve como principal finalidade servir de barreira à poluição sonora e do ar, assim como moderar o microclima urbano. A opção recaiu sobre espécies autóctones, cujo principal fator de escolha foi a diminuta manutenção necessária deste tipo de espécie arbórea (Figaldo *et al.*, 2013).

As estratégias bioclimáticas não tiveram apenas uma aplicação genérica no decurso do desenho do empreendimento, tendo-se dado continuidade às estratégias de carácter global na construção das edificações. De facto, a aplicação de diretrizes ao nível do bloco edificado correspondeu à concretização real dos pressupostos estratégicos definidos no plano de desenho urbano, conduzindo a uma urbanidade energeticamente sustentável. Deste modo, os sistemas passivos e ativos utilizados, que permitem concretizar as estratégias e diretrizes bioclimáticas, foram:

- ✓ Sistemas passivos de Ganho Direto através de vãos envidraçados localizados a sul/poente;
- ✓ Sistemas ativos de coletores solares térmicos.

#### Sistemas passivos de Ganho Direto

Os vãos envidraçados encontram-se dispostos segundo uma orientação que possibilite a incidência da radiação solar num maior número de horas na estação de aquecimento. A definição e proporção destes envidraçados foram determinadas por cálculo térmico e lumínico, determinando-se deste modo que a área dos envidraçados deveria corresponder a cerca de 30% da área total da fachada em que se inserem, neste caso na fachada orientada a sul. Por sua vez, as fachadas orientadas a norte possuem vãos envidraçados de menor dimensão, uma vez que para esta orientação, segundo a latitude geográfica do local, não se registam ganhos térmicos relevantes através da incidência da radiação solar. No caso do bloco edificado disposto segundo um eixo norte-sul, verifica-se que as fachadas orientadas a nascente possuem uma menor proporção de envidraçado - de modo a utilizar mais alvenaria e isolamento - do que as fachadas orientadas a poente, diminuindo assim as perdas de energia e assim aumentando a sua eficiência térmica (Figaldo *et al.*, 2013).

#### Sistemas ativos de produção de energia térmica

Os coletores solares encontram-se instalados nas lajes de cobertura, na qual se encontram localizados todos os sistemas individuais de coletores solares, com o propósito de fornecer águas quentes sanitárias ao parque edificado, sendo que no inverno estes são complementados por dispositivos auxiliares, tais como caldeiras de gás (Figaldo *et al.*, 2013).

Segundo Amado (2007 citado por Fidalgo *et al.*, 2013, p.113):

“A habitação beneficia da instalação de um sistema de aquecimento solar de águas do tipo termodinâmico com complemento a painel solar. A água quente doméstica é inicialmente aquecida pela energia do sol nos coletores solares que se encontram localizados na cobertura

do edifício. Depois de aquecida pelo sol, a água é acumulada em depósitos individualizados em cada uma das habitações no seu respetivo piso. As águas são mantidas à temperatura média de 50°C. No período de inverno, o sistema é auxiliado/complementado por resistência elétrica ou através de caldeira central a gás natural desde que instalada no espaço de cozinha.”.

## 4.2 Implementação de Parâmetros

### Geometria do Espaço Urbano

A geometria do espaço urbano reflete a relação entre a altura do bloco edificado e a largura do perfil transversal do arruamento. Atendendo a que o local em questão se situa no hemisfério norte, e de modo a que as suas fachadas principais e coberturas possuam um elevado rendimento energético, a geometria do espaço urbano deve permitir a introdução de radiação solar na fachada principal ao longo da estação de aquecimento. Para tal, o ângulo definido por este parâmetro deve respeitar a regra  $D=H$ , sendo que para efeitos de maximização do desempenho energético da urbanização se deverá respeitar a solução ótima, a qual conduz ao respeito pelo ângulo de altitude solar durante as quatro horas principais referentes ao dia do solstício de inverno.

Uma vez que o projeto da urbanização contemplou um conjunto de edifícios com valores correspondentes a diferentes alturas, será necessário recorrer à avaliação de ambos. Os ângulos que determinam a geometria do espaço público apresentam valores de 26,3° e 31,69°, correspondendo a valores referentes a uma distância entre fachadas opostas de 24,3 metros e a uma altura do bloco edificado de 12 e 15 metros, respetivamente. De facto, através da análise dos resultados obtidos verifica-se que o novo espaço urbano respeita a regra  $D=H$ . Contudo, realizando uma análise mais detalhada a este parâmetro é possível determinar quais os pisos que, no solstício de inverno, possuem acesso direto à radiação solar incidente. Tomando como latitude referencial a latitude da cidade de Lisboa - 38,4° - verifica-se que o ângulo de altitude solar, no dia correspondente ao solstício de inverno e durante as horas centrais do dia - correspondentes às horas que possuem maior intensidade de radiação solar -, possui valores entre os 22,2 e 28,2°. Deste modo, constata-se que as edificações a sul do traçado viário deveriam apresentar um valor limite de altura de 9,92 metros - de modo a possibilitar que a edificação se encontre exposta à radiação solar durante as principais quatro horas do dia -, incorrendo-se deste modo no sombreamento dos pisos inferiores das edificações. Uma vez que apenas existe um lote com uma altura máxima de 15 metros, tendo os restantes uma altura de 12 metros, e que nos pisos térreos apenas se encontra previsto o seu uso para fins comerciais, conclui-se que os valores apresentados são os corretos atendendo às condicionantes de ocupação do local (Falcão, 2008; Figaldo *et al.*, 2013).



**Figura 4.2 – Projeto da urbanização Casas de Sto António**  
([www.casasdesantoantonio.pt](http://www.casasdesantoantonio.pt))

Deste modo, o empreendimento respeita os valores definidos para o presente parâmetro, já que a altura prevista para a quase totalidade do bloco edificado equivale a 12 metros e no qual o piso térreo apenas possui utilização para fins comerciais, neste caso, a altura a considerar seria 9 metros, o que se configura como sendo um valor inferior aos 9,92 metros calculados.

Desde a fase inicial do projeto que se procurou um correto e real compromisso com a eficiência energética, sendo tal obtido através de uma orientação favorável do edifício e através do não sombreamento das fachadas, que assim permite a incidência da radiação solar nas fachadas e nas coberturas de todos os edifícios, incluindo no dia de menor incidência, no dia referente ao solstício de inverno.

### **Profundidade da Edificação**

Devido à localização do parque edificado em estudo e ao respetivo clima predominante, deve-se ter em conta estratégias que se pautem pela maximização da introdução de radiação solar no interior dos compartimentos. Deste modo, devem ser adotadas formas urbanas compactas e onde a profundidade do bloco edificado se situe entre duas e cinco vezes o pé direito dos pisos - assumindo-se os valores adotados pelos indicadores desenvolvidos - de modo a incrementar as condições térmicas e luminárias no interior do espaço edificado (Mendonça, 2005; Ratti *et al.*, 2005)

De facto, a adoção de uma forma compacta da edificação foi validada pelo valor que estuda a relação da altura do pé direito com a distância de fachada a fachada do edifício. Neste caso, o valor determinado foi de 14 metros, o qual representa um valor adequado, uma vez que conduz, por um lado, à diminuição do valor da área que não se encontra diretamente exposta à radiação solar, e por outro, a uma adequada área de cobertura que possibilite a introdução de sistemas de produção de energia (Figaldo *et al.*, 2013).

### **Tipologia das Coberturas**

As coberturas utilizadas nesta urbanização foram somente coberturas planas. O que equivale a afirmar que todas as coberturas possuem potencial para a instalação de sistemas ativos de captação de energia solar. Contudo, apenas foram considerados e instalados painéis térmicos solares para aquecimento de águas sanitárias. Assim, e referindo que é nas coberturas que se encontra o maior potencial de produção de energia em meio urbano (Izquierdo *et al.*, 2008), a implementação das células fotovoltaicas não foi considerada, impossibilitando assim a produção e posterior partilha de energia. Tal cenário, porém, não invalida que os painéis fotovoltaicos não sejam posteriormente instalados nas coberturas, uma vez que as mesmas permitem a correta

exploração do potencial solar, configurando-se como mais um elemento integrante na construção de um cenário energeticamente eficiente (Figaldo *et al.*, 2013).

### 4.3 Discussão dos Resultados

A urbanização Casas de Santo António teve em conta, desde as etapas iniciais do projeto, a adequação da transformação do território ao meio ambiente envolvente.

A preocupação pelo sistema de suporte natural influenciou a definição do modelo de ocupação a implementar no novo espaço urbano. A opção por um modelo de ocupação baseado num modelo mais compacto, quando comparado com o restante concelho, demonstra uma clara preocupação pelo desenvolvimento de um meio urbano sustentável. A opção por este modelo de ocupação traduz-se na realidade por uma densificação e uso misto dos espaços urbanos, resultando numa diminuição de área impermeável, num menor consumo de solo potencialmente produtivo, numa diminuição dos custos energéticos associados à construção, operação e manutenção das infraestruturas de apoio e num menor fluxo de movimentos pendulares dos habitantes, reduzindo os consumos de energia afetos ao transporte dos utilizadores e habitantes do aglomerado.

Pese embora se tenha optado por um modelo de ocupação assente na densificação dos espaços no novo desenvolvimento urbano - densificação essa que poderia incorrer em situações de sombreamento dos espaços -, todo o desenho urbano pautou-se pelo correto aproveitamento dos elementos da Natureza de modo a promover elevados padrões desempenho energético. De facto, o processo de conceção do plano de desenho teve em consideração os demais elementos constituintes do sistema de suporte físico natural, os quais condicionaram a conceção das novas formas urbanas. Deste modo, a orientação dos fluxos de ar predominantes, o percurso do Sol e o aproveitamento de uma densa estrutura verde urbana condicionou a definição da nova configuração urbana.

Apesar das diversas condicionantes referentes aos diversos agentes da Natureza, a urbanização em estudo pautou-se pelo aproveitamento das mesmas. Deste modo, no capítulo da exploração do potencial solar do local de estudo, os dados analisado referentes aos diversos parâmetros construídos permitem concluir que a equipa projetista tem em consideração o correto aproveitamento da energia proveniente do Sol. No entanto, deve ser realçado que devido à informação disponível, não foi possível determinar valores concretos que conduzissem uma avaliação rigorosa do parâmetro Orientação da Rede Viária.

O empreendimento revela assim na sua génese uma preocupação clara pelo respeito das premissas-base do conceito desenvolvimento sustentável. Tal se traduziu na adoção de opções e estratégias sustentáveis que moldaram e definiram o desenho urbano da urbanização, tendo impacto no desenvolvimento responsável do território e da sua área envolvente.



## 5. CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

### 5.1 Conclusão

O presente tema debruçou-se sobre a integração de uma fonte de energia renovável, neste caso a energia solar, nas diversas etapas do processo operativo do planeamento urbano.

Pese embora exista na literatura diversos estudos teóricos relacionando energia solar, desempenho energético e formas urbanas, a aplicação prática destes conceitos continua a possuir um valor diminuto, impossibilitando deste modo uma abordagem holística ao problema da eficiência e produção energética no meio urbano.

Como tal, uma nova abordagem é proposta. A abordagem tem como principal objetivo a integração e sistematização do fator energético e suas condicionantes no processo de planeamento, relacionando-os com as formas urbanas, com o intuito de construir uma metodologia assente e definida pelos principais pilares do desenvolvimento sustentável.

Deste modo, a metodologia não só tem em consideração a necessidade de uma integração mais sistematizada e relevante do conceito teórico de energia no processo de planeamento urbano sustentável, assim como considera a necessidade da transposição das estratégias e medidas teóricas para um plano prático, transformando os conceitos-base numa realidade tangível.

Apresentou-se assim uma metodologia que está estruturada, desde os seus passos iniciais, para a exploração do potencial que a energia solar possui, tendo como objetivo final a sua integração em projetos e iniciativas que considerem de elevada relevância tornar os centros urbanos em locais mais sustentáveis ambientalmente, economicamente e socialmente.

A integração da energia solar no processo de planeamento configura-se como uma das estratégias que visa alcançar, a nível local, o conceito *Desenvolvimento Sustentável*. Só a partir de ações coordenadas ao nível da comunidade se poderá alcançar uma alteração nos comportamentos e ações, que não mais devem ser vistos como tendo um caráter de âmbito individual, mas enquanto espécie, salvaguardando o capital ambiental, social e económico para as gerações vindouras.

### 5.2 Desenvolvimentos futuros

Como desenvolvimentos futuros, sugere-se a elaboração de um estudo que relacione os padrões de consumo de energia com a profundidade deve ser igualmente considerado. Pese embora existam estudos relacionados com os padrões de consumo de energia elétrica associados à utilização de iluminação natural, o mesmo já não ocorre no capítulo referente aos consumos de energia decorrentes das necessidades de aquecimento.

Deve ser igualmente considerada a exploração mais aprofundada sub-etapa Simulação do Plano, já que a mesma serve como apoio na tomada de decisão sobre as estratégias e medidas adotadas no início do processo, permitindo simular, avaliar e analisar de que modo as demais decisões afetam o comportamento energético do tecido urbano. Esta é uma etapa fundamental na determinação do potencial solar do local existente ou a existir.

No capítulo da aplicação dos parâmetros a um caso de estudo, deve ser considerado a sua aplicação a um caso de estudo que possibilite a verificação e a análise de todos os parâmetros –

auxiliado por ferramentas de computação -, uma vez que o caso de estudo utilizado na presente dissertação não dispunha de valores concretos em torno da definição da rede viária.

Em conjunto com os desenvolvimentos futuros propostos, o presente tema pretende constituir-se como parte integrante da construção de metodologias associadas aos processos de planeamento urbano que pretendam integrar a energia solar como condicionante fundamental da realidade territorial vigente ou a existir.

# BIBLIOGRAFIA

## • Publicações e artigos

ABIKO, A. K.; ALMEIDA, M. A. P. de; BARREIROS, M. A. F. – *Urbanismo: História e Desenvolvimento*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1995.

ADENE – *EPBD(recast) e as implicações para Portugal*, Net Zero-Energy Buildings Conference, Lisboa, 2012a.

ADENE – *Guia da Eficiência Energética*, Lisboa, 2012b.

ALMEIDA, Traça de – *Solar Passivo*, Apontamentos para a aulas de Gestão de Energia Elétrica, Faculdade Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2003.

AMADO, Miguel – *Planeamento Regional e Urbano*, Apontamentos para aulas de Planeamento Regional e Urbano, Faculdade Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2008.

AMADO, Miguel – *Agenda 21 Local em Portugal*, Seminário Luso-Brasileiro, Saúde da Comunidade | Sistemas de Informação de Apoio à Decisão, 2012a.

AMADO, Miguel – *Conservação Energética em Edifícios de Habitação*, 2014a.

AMADO, Miguel; POGGI, Francesca – *Solar Energy integration in urban planning – GUUD model*, Science Direct, Energy Procedia Vol.00, pp. 1-8, 2014b.

AMADO, Miguel; POGGI, Francesca – *Towards solar urban planning: A new step for better energy*, Science Direct, Energy Procedia, Vol.30, pp.1261-1273, 2012b.

AMADO, Miguel; POGGI, Francesca – *Solar urban planning: a parametric approach*, Science Direct, Energy Procedia, Vol.48, pp. 1539-1548, 2014c.

AMADO, Miguel; POGGI, Francesca – *Oeiras Masterplan: Detailed Plan of the right bank of the river mouth Jamor*, CISBAT, Lausanne, 2011.

AMADO, Miguel P. – *O Processo do Planeamento Urbano Sustentável*, Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em Ciências de Engenharia do Ambiente, Faculdade Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, 2002.

AMERICA PLANNING ASSOCIATION, APA – *Planning and Urban Design Standards*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, 2006.

ANDERSEN-STRØMAN, J.; SATTRUP, P. A. – *The urban canyon and building energy use: Urban density versus daylight and passive solar gains*, Science Direct, Energy and Buildings, Vol. 43, pp. 2011-2020, 2011.

AUTODESK, 3dStudio Max, 2011a, <http://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview>.

AUTODESK, AutoCAD, 2014, <http://www.autodesk.com/products/autocad-civil-3d/overview>.

AUTODESK, Autodesk Ecotect Analysis, 2011b, <http://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview>.

BAKER, Nick; STEEMERS, Koen – *Energy and Environment in Architecture: A Technical Design Guide*, E&FN Spon, London, 2000.

BALARAS, A. C.; DASCALAKI, E. G. – *European efforts towards NZEBs and energy conservation in Hellenic buildings*, 2011.

BARBOSA, Gisele Silva – *O desafio do desenvolvimento sustentável*, Revista Visões 4ª Edição, nº 4, Vol. 1, 2008.

BARTELMUS, P. – *Environment, Growth and Development*, Routledge, London, 1994.

BERINGER, S. – *Case study showing that the tilt angle of photovoltaic plants is nearly irrelevant*, Science Direct, Solar Energy, Vol. 85, pp. 470-476, 2011.

BITAN, A. – *The Methodology of Applied Climatology in Planning and Buidling*, Science Direct, Energy and Buildings, Vol. 11, pp. 1-10, 1988.

BORJA, Jordi – *La Ciudad Conquistada*, Alianza Editorial, Madrid, 2003.

BOUYER, Julien; MUSY, Marjorie; HUANG, Yuan; ATHAMENA, Khaled – *Mitigating Urban Heat Island effect by urban design: Forms and Materials*, Fifth Urban Research Symposium 2009, 2009.

BRAGA, Ana F. N.; CALADO, Helena – *Ordenamento e Mobilidade Sustentável: Contributos para a adaptação à variabilidade e alterações climáticas*, 1º Congresso de Desenvolvimento Regional de Cabo Verde, 2011.

BRUCE, Giles – *High Density, Low Energy: Achieving useful solar access for Dublin's multi-storey apartment developments*, 25<sup>th</sup> Conference on Passive and Low Energy Architecture, 22<sup>nd</sup> to 24<sup>th</sup> October 2008, Dublin.

BUTTI, K.; PERLIN, J. – *A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology*, Chesire Books, Palo Alto, 1980.

CAMPANHA EUROPEIA DAS CIDADES E VILAS SUSTENTÁVEIS, CECVS – *Carta das Cidades Europeias para a Sustentabilidade – Carta de Aalborg*, Conferência Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis, Aalborg, 1994.

CAMPANHA EUROPEIA DAS CIDADES E VILAS SUSTENTÁVEIS, CECVS – *Declaração de Hannover*, Conferência Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis, Hannover, 2000.

CAMPANHA EUROPEIA DAS CIDADES E VILAS SUSTENTÁVEIS, CECVS – *Plano de Acção de Lisboa : Da Carta à Acção*, Conferência Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis, Lisboa, 1996.

CAMPANHA EUROPEIA DAS CIDADES E VILAS SUSTENTÁVEIS, CECVS – *Os compromissos de Aalborg*, Conferência Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis, Aalborg, 2004.

CAVACO, Cristina S. R. G. – *BroadacreCity. Frank Lloyd Wright*, 1998.

CHENG, V.; STEEMERS, K.; MONTAVON, M.; COMPAGNON, R. – *Urban Form, Density and Solar Potential*, 23<sup>rd</sup> Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneve, 2006a.

CHENG, V.; STEEMERS, K.; MONTAVON, M.; COMPAGNON, R. – *Compact cities in a sustainable manner*, 2<sup>nd</sup> International Solar Cities Congress, 3-6 April Oxford, 2006b.

CHRISTENSEN, C.; HOROWITZ, S. – *Orienting the Neighborhood: A subdivision Energy Analysis Tool*, ACEEE Summer Study on Energy Efficiency Buildings, California, 2008.

CHURCHMAN, Arza – *Disentangling the Concept of Density*, Journal Of Planning Literature, Vol. 13, n° 4, 1999.

CMO; GEOTPU-UNL – *Oeiras E-City – Relatório final do projecto*, 2013.

COMISSÃO EUROPEIA, CE – *Cidades Europeias Sustentáveis - Relatório*, 1996.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS, CCE – *Para uma estratégia temática sobre ambiente urbano*, 2004.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, CEC – *Green Paper on the Urban Environment*, Brussels, 1990.

CONDESSA, Beatriz – *Planeamento Urbano*, Apontamentos para as aulas de Planeamento Urbano, Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2006.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION, CSIRO; BUREAU OF METEOROLOGY, BOM – *State of the Climate 2014*, Australia, 2014.

CONSEJO EUROPEO de URBANISTAS, CEO – *Nueva Carta de Atenas 2003. La visión de las ciudades en el siglo XXI del Consejo Europeo de Urbanistas*, 2003.

COSTA, José Augusto Ribeiro da – *A evolução da Arquitectura Bioclimática – Contributo para a Sustentabilidade Arquitectónica e Urbana*, Dissertação para obtenção do Grau de Doutor, 2008.

CRAVEIRO, M. T.; COSTA, C. A. B. e; ROCHA, A. S.; COSTA, J. B. e; SANTOS, P. S. – *O Programa Local da Habitação de Lisboa: Um instrumento urbanístico inovador?*, VIII Congresso Ibérico de Urbanismo, Covilhã, 2011.

DAVIDOFF, Paul; REINER, Thomas A. – *A choice of Theory Planning*, Journal of Institute of Planners, pp. 103-115, 1962.

DEKAY, Mark – *Daylighting and Urban Form: An Urban Fabric of Light*, Journal of Architectural and Planning Research, pp. 35-56, 2010.

DIELEMAN, Frans; WEGENER, Michael – *Compact City and Urban Sprawl*, Built Environment, Vol. 30:4, 2004.

DIRECÇÃO GERAL DO AMBIENTE, DGA – *Proposta para um sistema de indicadores de desenvolvimento urbano*, Direcção Geral do Ambiente, 2000.

DIRECÇÃO GERAL DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DESENVOLVIMENTO URBANO, DGOTDU – *Eficiência Energética e Ordenamento do Território*, 2011.

DIRECÇÃO GERAL DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DESENVOLVIMENTO URBANO, DGOTDU – *Cooperação europeia sobre coesão territorial e desenvolvimento urbano. Desenvolvimento Urbano*, 2008.

DOHERTY, M.; NAKANISHI, H.; BAI, XUEMEI; MEYERS, J. et al – *Relationships between form, morphology, density and energy in urban environments*, Canberra, Australia, 2009.

DOMINGOS, Delgado J. J. – *Cidades do Futuro. Por uma sociedade com menos CO<sub>2</sub>*, Lisboa: E-Nova, 2008.

DOMINGOS, J. D. – *Energia, Ambiente e Desenvolvimento*, Seminário sobre o Ambiente e Desenvolvimento Sustentável: Perspectivas e Políticas para o Desenvolvimento Sustentável, Lisboa, 1998.

ESCH, M. M. E. van – *The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies*, Science Direct, Energy and Buildings, Vol. 47, pp. 189-200, 2012.

ESRI, ArcGIS, 2011, <http://www.esri.com/software/arcgis>

EUROPEAN COMMISSION, EC– *World Energy Technology Outlook 2050*, Bruxelas, Bélgica, 2006.

EUROPEAN ENERGY AGENCY, EEA – *Urban Sprawl in Europe - The ignored Challenge*, Vol. 10, 2006.

EUROPEAN SUSTAINABLE CITIES AND TOWNS CAMPAIGN, ESCTC – *Local Sustainability Declaration*, European Sustainable Cities and Towns Conference, Dunkerque, 2010.

FALCÃO, António F. O. – *Energia Solar – Movimento e posicionamento relativos Terra-Sol*, Apontamentos para aulas de Recursos Energéticos e Renováveis, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, 2008.

FALUDI, Andreas – *A Decision-centred View of Environmental Planning*, Pergamon Press, 1<sup>st</sup> Edition, Oxford, United Kingdom, 1987.

FALUDI, Andreas – *A Reader in Planning Theory*, Pergamon Press, 1<sup>st</sup> Edition, Oxford, United Kingdom, 1973.

FLANNERY, Tim – *The Weather Makers: Our Changing Climate and What It Means for Life on Earth*, Penguin Books, Melbourne, 2007.

FERNANDES, Jorge; MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. – *Princípios de sustentabilidade na arquitetura vernacular em Portugal*, Congresso Construção 2012, Coimbra, Portugal, 2012.

FERREIRA, I.; CUNHA, C.; MARINHO, M.– *Planeamento local e participação pública: o caso de Barcelos*, Barcelos: Casa do Rio, 2004.

FERRÃO, João; GUERRA, João – *Municípios, Sustentabilidade e Qualidade de Vida: Contributos para a Construção de um Sistema de Indicadores da Qualidade de Vida nos Municípios Portugueses (Continente)*, Lisboa, 2004.

FIDALGO, G., Almeida, L., Vergueiro, R. – *Avaliação da sustentabilidade em fase de projecto de construção de um edifício de habitação plurifamiliar*, Relatório Técnico sobre Avaliação da

Sustentabilidade em Fase de Projecto do Projecto de Construção de um Edifício de Habitação Plurifamiliar no Curso de Estudos Pós-Graduados em Construção Sustentável da FCT UNL, Caparica, 2013.

FONSECA, Fernando P.; RAMOS, Rui A. R. – *O Planeamento Estratégico na busca de potenciar o território*, XI Jornadas da Associação de Urbanistas Portugueses Territórios e Desenvolvimento, 2004.

FLORENSA, R. S.; ROURA, H. C. – *Arquitectura y energia natural*, Edicions UPC, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 1995.

FOCER – *Manuales sobre energia removable: Solar Fotovoltaica*; 1ª edição, San José: Biomass Users Network, 2002<sup>a</sup>.

FOCER – *Manuales sobre energia removable: Solar Térmica*; 1ª edição, San José: BiomassUsers Network, 2002b.

FRUMKIN, Howard – *Urban Sprawl and public Health*, Public Health Report, Vol. 117, pp.201-217, 2002.

GALLO, C; SALA, M.; SAYIGH, A. A. – *Architecture: Comfort and Energy*, Pergamon, 1998.

GARCIAS, C. M.; SILVA, C. M. – *Contribuição do Meio Urbano nas Mudanças Climáticas – Estudo de Caso do Município de Castro-PR*, Encontro Nacional de ANPPAS, Florianópolis, Brasil, 2010.

GREENPEACE INTERNATIONAL, EUROPEAN RENEWABLE ENERGY COUNCIL, EREC – *Energy [r]evolution – A Sustainable Global Energy Outlook*, 2008.

GREENPRO – *Energia Solar Térmica – manual sobre tecnologias, projecto e instalação*, 2004a.

GREENPRO – *Energia Solar Fotovoltaica – manual sobre tecnologias, projecto e instalação*, 2004b.

GONÇALVES, H; GRAÇA, J. M. – *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*, Lisboa, Direcção Geral de Energia e Geologia, 2004.

GOTTDIENER, Mark; BUDD, Leslie – *Key Concepts in Urban Studies*, Sage Publications, London, 2005.

GUERREIRO, Maria Rosália – *Urbanismo Ecológico: O papel das forças físicas na construção da cidade*, VIII Congresso Ibérico do Urbanismo, Covilhã, 2011.

HALL, Peter – *Urban and Regional Planning*, 4<sup>th</sup> Edition, New York, Roudledge, 2002.

HIGUERAS, Ester – *Urbanismo Bioclimático*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2006.

HIGUERAS, Ester – *Urbanismo Bioclimático – Criterios medio ambientales en la ordenación de asentamientos*, Dissertação para obtenção Grau de Doutor, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1997.

HACHEM, C.; ATHIENITIS, A.; FAZIO, P. – *Investigation of solar potential of housing units in different neighborhood designs*, Science Direct, Energy and Buildings, Vol. 43, pp. 2262-2273, 2011.

HACHEM, Caroline *et al.* – *Evaluation of energy supply and demand in solar neighborhood*, Science Direct, Energy and Buildings, 2012.

HENRIQUES, Fernando M. A. – *Comportamento higrotérmico de edifícios*, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2007.

HIRANO, Y; FUJITA, T. – *Evaluation of the impact of the urban heat island on residential e commercial energy consumption in Tokyo*, Science Direct, Energy, Vol. 37, pp. 371-383, 2012.

HUI, Sam – *Low energy building design in high density urban cities*, Renewable Energy, Vol. 24, pp. 627-640, 2001.

INETI – *Instalações solares térmicas: Manual do curso de instaladores solares térmicos*, Lisboa, 2007.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA – *Energy Policies of IEA Countries – Portugal – 2009 Review*, 2009a.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA – *World Energy Outlook 2008*, Paris, 2008.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA – *World Energy Outlook 2009*, Paris, 2009b.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA – *World Energy Outlook 2012*, Paris, 2012b.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, IPCC – *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, IPCC Plenary XXVII, Valencia, 2007.

IZQUIERDO, Salvador *et al.* – *A method for estimating the Geographical distribution of the available roof surface area for large-scale photovoltaic Energy-potential evaluations*, Science Direct, Vol.82, pp. 929-939, 2008.

JABAREEN, Yosef – *Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models and Concepts*, Journal Of Planning Education and Research, Vol. 25, pp. 38-52, 2006.

JENS, Mike; JONES, Colin – *Dimensions of Sustainable City*, Future City, Vol. 2, Springer, 2010.

KANTERS, Jouri; WALL, Maria – *The impact of urban decisions on zero net energy solar building in Sweden*, Urban Planning and Transport Research: An Open Access Journal, Vol.2, Nº1, pp.312-332, 2014;

LAM, N T. T. – *Solar Radiation and Daylight Illuminance Modelling and Implications for Building Integrated Photovoltaic System Designs*, Ph.D. Thesis, Department of Building and Construction, City University of Hong Kong, 2008.

LAMAS, J. R. – *Morfologia urbana e desenho da cidade*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 2000.

LASCARI, Giovanni *et al.* – *A model for predicting the potential diffusion of solar energy systems in complex urban environments*, Science Direct, Energy Policy, Vol.39, pp.5335-5343, 2011.



LACASTA, Nuno S.; Barata, Pedro Martins – *O Protocolo de Quioto sobre alterações climáticas: Análise e Perspectiva*, WorkingPaper 1/98, Euronatura, Programa: Clima e Eficiência Energética, 1999.

LEFÈVRE, B. – Urban transport Energy consumption: determinants and strategies for its reduction, S.A.P.I.E.N.S 2 (3), pp. 1-32, 2009.

LEHMANN, Harry; Peter, Stefan – *Assessment of roof & facade potential for solar use in Europe*, Institute for sustainable solutions and innovations (ISUSI), Aachen, Germany, 2003.

LEHMANN, Steffen – *Green Urbanism: Formulation a Series of Holistic Principles*, S.A.P.I.E.N.S, Vol.3, nº2, pp. 1-19, 2010.

LELÉ, S. – *Sustainable Development: A critical Review*, in World Development, Vol.19, pp. 608-621, 1991.

LIDERA – *Revisão da directiva de certificação energética. Desafios e passos que se estão a efectuar*, Congresso LiderA 2010, 2010.

MADLENER, Renherd – *The impact of urbanization on urban structures and energy demand in developing countries*, Smart Energy Strategies Conference 2011, Zurich, 2011.

MADUREIRA, Helena – *Paisagem Urbana e Desenvolvimento Sustentável*, X Colóquio Ibérico de Geografia, Évora, 2005.

MARINS, Karin R. de C. C. – *Proposta metodológica para planeamento energético no desenvolvimento de áreas urbanas*, Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MARQUES, Hélder – *Da perspectiva racional-compreensiva ao planeamento estratégico: tópicos de reflexão*, Revista da Faculdade de Letras – Geografia 1 Série, Vol. X/XI, pp.141-149, Porto, 1995.

MARTINS, Maria; CANDIDO, Gesinaldo – *Indicadores de sustentabilidade urbana: os desafios do processo de mensuração e formas de análise*, IX Encontro Nacional Da ECOECO, Brasília, Brasil, 2011.

MATEUS, A. – *Solo: a pele da Terra*, Departamento de Geologia da Faculdade Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, pp. 45, 2008.

MATOS, J. P. C. A. de – *Projeto para a Mobilidade Sustentável*, Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, 2012.

MENDONÇA, Paulo – *Habitar sob uma segunda pele – Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*, Dissertação para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Civil, Escola de Engenharia – Universidade do Minho, 2005.

MÉNARD, R.; REITIER, S.; TELLER, J.; BERGE, S.; SÈZE, C.; MAIZIA, M. – *Energy requirements of characteristic urban blocks*, Proceedings of the CISBAT 2009 – Renewables in a changing climate – From nano to urban scale, Lausanne, 2009.

METCALF, Matt – *Broadacre City – A New Community Plan*, 2010.

MICROSOFT, Microsoft Excel, 2011, <http://office.microsoft.com/pt-pt/excel/>.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, MCT – *Protocolo de Quioto: a convenção sobre a mudança do clima*, MCT, Brasília, pp. 29, 1998.

MONDOL, J. D.; NORTON, B.; YOHANIS, Y. G. – *The impact of array inclination and orientation on the performance of a grid-connected photovoltaic system*, Science Direct, Renewable Energy, Vol. 32, pp. 118-140, 2007.

NAÇÕES UNIDAS, NU. – *Fatos sobre as cidades*, Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, NRC – *Advancing the Science of Climate Change*, The National Academy Press, USA, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, NRC – *Climate Stabilization Targets: Emissions, Concentrations, and Impacts over Decades to Millennia*, The National Academy Press, USA, 2011.

NEUMAN, Michael – *The Fallacy Of Compact City*, Journal of Planning Education and Research, Vol.25, pp.11-26, 2005.

NOBRE, Eduardo A. C. – *Índices Urbanísticos*, Faculdade Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo.

NOGUEIRA, Rita Torres – *Desenvolvimento Sustentável: indicadores de sustentabilidade urbana - o caso de Santo Tirso*, Relatório de Estágio para obtenção do Grau de Mestre em Economia e Gestão do Ambiente, 2011.

NUCCI, João Carlos – *Metodologia para determinação da qualidade ambiental urbana*, Revista do Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo, Vol. 12, pp. 209-224, 1998.

ORDÓÑEZ, J.; JADRAQUE, E.; ALEGRE, J.; MARTINEZ, G. – *Analysis of the photovoltaic solar energy capacity of residential rooftops in Andalusia (Spain)*, Science Direct, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 14, pp. 2122-2130, 2010.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, OECD – *OECD Environmental Outlook 2050*, Paris, 2011.

OLGYAY, Victor – *Design with Climate: Bioclimate Approach to Architectural Regionalism*, Princeton University Press, 1963.

PAPA, R.; GARGIULO, C.; ZUCARO, F. – *Urban systems and Energy consumptions*, Eighth International Conference INPUT, 2014.

PARTIDÁRIO, M.R. – *Introdução ao Ordenamento do Território*, Lisboa, Universidade Aberta, 2002.

PEREIRA, Margarida – *As metamorfoses da cidade dispersa*, Revista Geoinova, nº10, Revista do Departamento de Geografia e Planeamento Regional da Universidade Nova de Lisboa, pp. 129-142, 2004.

PERESTRELO, Margarida – *Prospectiva: Planeamento Estratégico e Avaliação*, 1º Congresso em Portugal sobre Planeamento e Avaliação de Impactos Sociais, 1999.

PÉREZ-BURGO, A.; MIGUEL, A. de; BILBAO, J. – *Daylight illuminance on horizontal and vertical surfaces for clear skies. Case study of shaded surfaces*, Science Direct, Solar Energy, Vol. 84, pp. 137-143, 2010.

PINHEIRO, Manuel Duarte – *Ambiente e Construção Sustentável*, Instituto do Ambiente, 2006.

PLANNING FOR SUSTAINABLE CANADIAN COMMUNITIES ROUNDTABLE, PSCCR – *Integrated Community Sustainability Planning – A Background Paper*, Planning for Sustainable Canadian Communities Roundtable organized by Prime Minister's External advisory on Cities and Communities, Ottawa, 2005.

QUEEQ, Farid S. M. al – *Urban and Solar Design Potential of Building with Radial and Rectangular Plans (with Reference to Palestine)*, Thesis Submitted to the University of Nottingham for the Degree of Doctor of Philosophy, School of Built Environment, The University of Nottingham, 2004.

RATTI, C.; BAKER, N.; STEEMERS, K. – *Energy Consumption and Urban Texture*, Science Direct, Energy and Buildings, Vol. 37, nº.7, pp. 762-776, 2005.

ROGERS, Richard – *Cities for a small planet*, Faber and Faber, London, 1998.

RODRIGUES, M. R. B. – *A Forma Urbana em Portugal Continental: Aplicação de Índices Quantitativos na Caracterização Morfológica das Cidades*, Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação do Territorial Aplicados ao Ordenamento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2009.

RORIZ, Luís – *Solar Térmico: Uso de painéis solares térmicos*, Apontamentos para a cadeira Climatização de Edifícios, Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

SALGUEIRO, Teresa Barata – *Cidade Pós-Moderna: Espaço Fragmentado*, Revista Território, ano III, nº4, 1998.

SANTAMOURIS, Mat – *The Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach*, Earth scan, London, 2006.

SANTOS, F. – *A Física das Alterações Climáticas*, Gazeta da Física, Vol. 30, pp 48-57, 2007.

SERRA, R. – *Clima, lugar y arquitectura, Manual de diseño bioclimático*, Centro de Investigaciones Energéticas- CIEMAT, Madrid, 1989.

SILVA, Darly Henriques da – *Protocolos de Montreal e Kyoto: pontos em comum e diferenças fundamentais*, Revista brasileira de política internacional, Vol.52, nº2, Brasília, 2009.

SILVA, Graça Ponte da – *Forma Urbana e Sustentabilidade*, Prospectiva e Planeamento, Lisboa, Vol.15, p.101-126, 2008.

SILVEIRA, Ana; ROMERO, Marta – *Indicadores de sustentabilidade urbana*, XI encontro nacional da associação nacional de pós-graduação e pesquisa em Planejamento Urbano e Regional – ANPUR, Bahia, Brasil, 2005.

SIMÕES, Luís M. da C. – *CIDADE JARDIM EM COIMBRA – Bairro Norton de Matos e Solum*, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2008.

SIMPLÍCIO, Maria Domingos V. M. – *A importância atual do Planeamento Estratégico e das Cidades Médias*, 2000.

SNELLEN, Danielle – *Urban form and activity travel-patterns, an activity-based approach to travel in a spatial context*, Ph.D Thesis, Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Bouwkund.

SONZA, D.; LINS, A. E. B.; ELY, V. H. M. B. – *Simulações em Malhas Urbanas: Projeções de Crescimento com Foco na Insolação*, 4º Congresso para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, Universidade do Algarve, Faro, 2010.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de Souza *et al.* – *Expandindo um SIG-3D para aplicação em conforto ambiental urbano*, ENCAC-COTEDI, Curitiba, pp.669-76, 2003.

STEADMAN, P.; BATTY, M.; EVANS, S. – *Wall area, volume and plan depth in the building stock*, Building Research & Information, Vol. 37, pp. 455-467, 2009.

STEEMERS, Koen – *Energy and the city: density, buildings and transport*, Science Direct, Energy and Buildings, Vol. 35, pp. 3-14, 2003.

TAHA, Haider – *Urban climates and heat island: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat*, Science Direct, Vol.25, pp.99-103, 1997.

TAYLOR, Nigel – *Urban Planning Theory Since 1945*, SAGE Publications, London, 1998.

TERECI, A.; KESTEN, D.; EICKER, U. – *The impact of the urban form on heating, cooling and lighting demand of cities*, ICSU Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference on Sustainable Urbanization, Hong Kong, 2010.

THOMAS, Stacey – *The Future is Urban – Challenge of Sustainable Urban Development in the Caribbean: The Search for Sustainable forms*, Challenge of Sustainable Urban Development in the Caribbean, 49<sup>th</sup> ISOCARP Congress 2013, 2013.

UNITED NATIONS, UN – *Planning and design for sustainable urban mobility: policy directions*, Routledge, USA, 2012.

UNITED NATIONS, UN – *World Population to 2300*, New York, 2004.

UNITED NATIONS, UN – *World Urbanization Prospects. The 2014 Revision*, Department of Economic and Social Affairs, New York, 2014.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, UNEP – *Buildings and Climate Change. Summary for Decision-Makers*, 2009.

UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY, USEPA – *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Urban Heat Island Basics*, 2010.

VETTORATO, D. – *Bridging Urban Morphology and Energy Performance Analysis. A Case Study within the Alpine Region*, 47<sup>th</sup> ISOCARP Congress, 2011a.

VETTORATO, D. – *Sustainable energy performances of urban morphologies*, Ph.D. Thesis in Environmental Engineering, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università Degli Studi di Trento, 2011b.

WIGINTON, L. K.; NGUYEN; H. T.; PEARCE, J. M. – *Quantifying Rooftop Solar Photovoltaic Potential for Regional Renewable Energy Policy*, Computers, Environment and Urban Systems, Vol.34, pp.579-603, 2011.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, WCED – *Our Common Future*, United Nations, New York, 1987.

YEANG, L. D. – *Urban Design Compendium*, United Kingdom: English Partners and The Housing Company, 2000.

- **Legislação**

DIRETIVA 2002/91/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 16 de Dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, Vol. 4.1.2003, pp. L1/65-L1/71, 2003.

DIRETIVA 2010/31/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, Vol. 18.6.2010, pp. L153/13-L153/28, 2010.

- **Websites**

[www.casasdesantoantonio.pt](http://www.casasdesantoantonio.pt)

[www.climate.gov](http://www.climate.gov)

[http://www.cpas-egypt.com/pdf/Ahmed\\_Safwat/M.Sc/003%20%20%20%20%20CHAPTER1-b.pdf](http://www.cpas-egypt.com/pdf/Ahmed_Safwat/M.Sc/003%20%20%20%20%20CHAPTER1-b.pdf)

[www.eia.gov](http://www.eia.gov)

[www.energias-renovaveis.info](http://www.energias-renovaveis.info)

[www.epa.gov](http://www.epa.gov)

[www.pordata.pt](http://www.pordata.pt)

[www.urbanidades.arq.br](http://www.urbanidades.arq.br)

[www.vitruvius.com.br](http://www.vitruvius.com.br)



# ANEXO

## Glossário

**Ângulo de Altitude Solar** – Formado pelo ângulo dos raios solares com o plano horizontal

**Ângulo de Azimute Solar** – Configura-se como sendo o ângulo que relaciona a projeção horizontal dos raios solares e a direção norte-sul no plano horizontal. Toma valores positivos caso o sol se encontre a oeste do sul e valores negativos caso o mesmo se encontre a este do sul.

**Arquitetura Vernacular** – é um conceito de arquitetura na qual se empregam recursos do meio ambiente envolvente nos locais onde as formas urbanas são concebidas

**Energia primária** – Fonte de energia disponível na Natureza antes de a mesma ser convertida ou transformada.

**Energia Final** – Energia que representa o valor realmente disponibilizado ao consumidor, a qual já sofreu processos de transformação a montante e à qual não é incluída no seu valor. As perdas mencionadas poderão ser devidas ao transporte, armazenamento e insuficiência tecnológica no tratamento e posterior transformação da energia primária em energia final.

**Evapotranspiração** – É um fenómeno entendido como a perda de humidade do solo para a atmosfera, sob a forma de evaporação e transpiração pela folhagem das plantas.

**Mtep** – Milhão de tonelada equivalente de petróleo. É uma unidade de medida definida como o total de energia dispendido para queimar uma tonelada de petróleo. Um milhão de toneladas equivalentes de óleo corresponde a 11630 KWh.

**ppm** – fração molar por parte em partes por milhão, utilizada para quantificar a concentração de gases na atmosfera. Uma parte por milhão correspondente a 7,76 Gigatoneladas de dióxido de carbono libertado para atmosfera.

**Taxa de Urbanização** – taxa que relaciona o número total de habitantes a residir nos centros urbanos com o número total de habitantes de uma determinada região.